보안과제( ), 일반과제(○) / 공개(○), 비공개( )
철도기술연구사업 제4차년도 최종보고서
발 간 등 록 번 호
11-B551219-000029-01
R&D /
17RTRP-B089552-04

일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화 최종보고서

2019.01.

주관연구기관 / 한국철도시설공단
협동연구기관 / 한국철도공사
한국전자통신연구원
공동연구기관 / 철도신호사업연구조합
유경제어㈜
㈜엔비플러스
㈜케이티
㈜씨그널정보통신
㈜이루온
에이엠텔레콤㈜
회명정보통신㈜
위탁연구기관 / 서울대학교 산학협력단
네오트랜스㈜
한국철도신호기술협회
중원대학교 산학협력단

국토교통부
(전문기관) 국토교통과학기술진흥원

17RTRP
-B089
552-04

일반
및
고속
철도용

무선
통신
및
제어
시스템
실용화

최종
보고서

2019
국토교통과학기술진흥원
국토교통부

Commercialization of radio communication & train control system for conventional & high speed railway R&D Report

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

'일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화'(연구개발 기간 : 2014. 12. 23. ~ 2018. 06. 22.) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2019. 01.

주관연구기관명 : 한국철도시설공단 (대표자) 김상균

협동연구기관명 : 한국철도공사 (사장직무대행) 정인수

한국전자통신연구원 (대표자) 이상훈

참 여 기 관 명 : 철도신호사업연구조합 (대표자) 이기서

서울대학교 산학협력단 (대표자) 김성철

네오트랜스㈜ (대표자) 오세삼

주관연구기관책임자 : 윤학선
협동연구기관책임자 : 박주훈, 조한벽, 유민우
참여기관책임자 : 이기서, 이성모, 오세화, 지정근
추호철, 박종민, 조한벽, 조동, 곽도영
이재홍, 이승호, 황영길, 소민섭

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

'일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화'(연구개발 기간 : 2014. 12. 23. ~ 2018. 06. 22.) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2019. 01.

주관연구기관명 : 한국철도시설공단 (대표자) 김상균

협동연구기관명 : 한국철도공사 (사장직무대행) 정인수

한국전자통신연구원 (대표자) 이상훈

참 여 기 관 명 : 유경제어㈜ (대표자) 기노경

㈜엔비플러스 (대표자) 정태생

한국철도신호기술협회 (대표자) 박재일

주관연구기관책임자 : 윤학선
협동연구기관책임자 : 박주훈, 조한벽, 유민우
참여기관책임자 : 이기서, 이성모, 오세화, 지정근
추호철, 박종민, 조한벽, 조웅, 곽도영
이재홍, 이승호, 황영길, 소민섭

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

'일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화'(연구개발 기간 : 2014. 12. 23. ~ 2018. 06. 22.) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2019. 01.

주관연구기관명 : 한국철도시설공단 (대표자) 김상균

협동연구기관명 : 한국철도공사 (사장직무대행) 정인수

한국전자통신연구원 (대표자) 이상훈

참 여 기 관 명 : 중원대학교 산학협력단 (대표자) 김도완

주관연구기관책임자 : 윤학선
협동연구기관책임자 : 박주훈, 조한벽, 유민우
참여기관책임자 : 이기서, 이성모, 오세화, 지정근
추호철, 박종민, 조한벽, 조웅, 곽도영
이재홍, 이승호, 황영길, 소민섭

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

'일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화'(연구개발 기간 : 2014. 12. 23. ~ 2018. 06. 22.) 과제의 최종보고서를 제출합니다.

2019. 01.

주관연구기관명 : 한국철도시설공단 (대표자) 김상균

협동연구기관명 : 한국철도공사 (사장직무대행) 정인수

한국전자통신연구원 (대표자) 이상훈

참 여 기 관 명 : ㈜케이티 (대표자) 황창규

㈜씨그널정보통신 (대표자) 유홍석

㈜이루온 (대표자) 이승구

에이엠텔레콤㈜ (대표자) 여민기

회명정보통신㈜ (대표자) 한창민

주관연구기관책임자 : 윤학선
협동연구기관책임자 : 박주훈, 조한벽, 유민우
참여기관책임자 : 이기서, 이성모, 오세화, 지정근
추호철, 박종민, 조한벽, 조웅, 곽도영
이재홍, 이승호, 황영길, 소민섭

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>17RTRP-
B089552-04</td><td>해당 단계
연구 기간</td><td colspan="2">‘17.03.23 ~
’ 18.06.22</td><td>단계구분</td><td>(해당단계)/4
(총단계)4</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="5">철도교통기술</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="5">철도신호통신기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="5">일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">윤학선</td><td>해당단계
참여
연구원 수</td><td>총: 282명
내부: 282명
외부: 0명</td><td>해당단계
연구개발비</td><td colspan="2">정부:6,920,000천원
기업:1,950,758천원
정부 외: 천원
계:8,870,758천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간
참여
연구원 수</td><td>총: 282명
내부: 282명
외부: 0명</td><td>총 연구개발비</td><td colspan="2">정부:26,520,000천원
기업:7,399,977천원
정부 외: 천원
계:33,919,977천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소속 부서명</td><td colspan="3">(주관) 한국철도시설공단 (KR연구원)
(협동) 한국철도공사 (연구원)
한국전자통신연구원</td><td colspan="3">참여기업명
유경제어㈜, ㈜엔비플러스
㈜케이티, ㈜씨그널정보통신
㈜이루온, 에이엠텔레콤㈜
회명정보통신㈜</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:</td><td colspan="3">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명:
서울대학교 산학협력단
네오트랜스㈜
한국철도신호기술협회
중원대학교 산학협력단</td><td colspan="3">연구책임자:
이성모
오세화
박종민
조웅</td></tr>
<tr><td colspan="4">○ 한국형 열차제어시스템의 표준화 및 국산화
1. 요구사항 조사를 거쳐 현재 운영 중인 시스템과 호환 가능한 무선기반 열차제어시스템의 표준사양 확정
2. 시제품을 설계/제작하고 다음 3가지 단계로 성능검증
가. 유럽공인기관의 시뮬레이터를 활용한 통합시험
나. 고속열차(HEMU)를 활용한 고속선 현장시험
다. HEMU 및 디젤기관차를 활용한 기존선 현장시험
3. 열차제어시스템의 안전성인증(SIL-4) 획득
4. 차량을 활용한 현장시험에 대한 공인기관 검증
5. 시범노선을 거쳐 국내 시스템 구축계획 마련

○ 철도통합무선망(LTE-R)의 표준 및 성능검증
1. 일반 및 고속철도용 철도통합무선망 단체표준 제정(4종)
2. 고속철도 운영환경(350㎞/h) 시험인프라 구축
3. 다른 무선 기종간 연동을 위한 상호연동
4. 철도통합무선망용 차상단말기 및 휴대단말기 성능검증
5. 강릉선KTX(평창 동계올림픽) 사업화를 거쳐 국내 구축 추진</td><td colspan="3">보고서 면수 : 527</td></tr>
</table>

요 약 문

연구의 목적 및 내용	○ 일반(광역) 및 고속철도 운영속도에서 적용 가능한 무선통신 기반의 열차제어 시스템의 표준화 및 국산화하고 성능검증을 거쳐 안전성(SIL-4) 인증 ○ 일반(광역) 및 고속철도 운영속도에서 적용 가능한 LTE 기반의 철도전용 무선통신망 실용화 기술 개발 및 신뢰성 검증 ○ LTE-R 및 LTE-R기반 열차제어시스템의 성능검증을 거쳐 국가철도망 적용으로 실용화 및 사업화				
연구개발성과	○ 일반 및 고속철도용 무선기반 열차제어시스템의 표준사양 확정 ○ 일반 및 고속철도용 무선기반 열차제어시스템의 국산기술 확보 ○ 열차제어시스템의 성능검증 및 안전성 인증(SIL-4) 획득 ○ 일반 및 고속철도용 철도통합무선망 표준 제정 ○ 일반 및 고속철도용 철도통합무선망의 성능검증 및 국가통합인증 획득 ○ 철도통합무선망(LTE-R) 및 LTE-R기반 열차제어시스템의 국가철도망 구축계획				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	○ LTE-R기반 열차제어시스템의 시범사업을 거쳐 사업화 확대로 국가철도망의 단일화, 표준화 및 국산화 ○ 현재 운영중인 시스템과 상호운영성 확보로 운행중단 없이 시스템 설치 및 개량 가능 ○ 국내 철도무선망의 일원화 및 국산장비 활용으로 철도안전운행 향상 ○ 운전시격 단축으로 운행효율 향상 ○ 국내기술 적용으로 외국기술 종속 탈피 및 수입절감				
핵심어 (5개 이내)	한국형열차제어 시스템	KRTCS-2	LTE-R	유럽열차제어 시스템	ETCS

〈 SUMMARY 〉

Purpose & Contents	○ Development of practical application technology of train control system based on wireless communication applicable in general and high-speed railway operation and safety evaluation ○ Standardization of LTE based Railway Communication System in Conventional and High Speed Railway ○ Standard specification of wireless based train control system ○ Analysis of railroad route survey - Establishment of a comprehensive plan to expand practical use of Korean train control system ○ Economic Analysis report in terms of cost and benefits according to Construction of LTE based Railway Communication System
Results	○ Standard specification of wireless based train control system ○ Analysis of railroad route survey ○ Railway Signal Research Association - Supporting activities of SIL Certification Procedure - Proceeding of SIL4 concept and detailed stage - Classification of Functional Requirements Specification(FRS) and System Requirements Specification(SRS) of ERTMS/ETCS ○ Economic analysis for the practical cost and benefit of building, maintenance, and operations ○ Investigation and analysis of the requirement for train control system interoperability - Survey and analysis of foreign signaling system interoperability (mix-use) - Study on safety plan for the train control system-connecting section ○ Practical use of wireless communication for general and high-speed railway through pilot route application - Test bed test results
Expected Contribution	Standard specifications available for domestic train control system ○ Based on the Korean standard template for SIL4 certification and ERTMS/ETCS technical data is offered using the document management system (NAS), it is help to develop KRTCS (Conventional·High Speed Railway) specifications and domestic product development work for participated companies. It is expected that it can be effectively used for the development of other domestic railway signal products. ○ By acquiring the SIL4 certification of an internationally reliable ISA (Independent Safety Assessment) organization, it is possible to secure the safety of KRTCS (Conventional · High Speed Railway) and improve the reliability for overseas export. ○ It is possible to acquire knowledge of overseas railway technology through the ETCS technical data, which is the standard of safety evaluation. Through the SIL4 certification meeting, it is possible to find solutions through systematic certification management and problem determination. It will be a good reference for other research projects in the future.

Keywords	KRTCS-2	ETCS Level 2	KVC, RBC	LTE-R	European Train Control System

〈 Contents 〉

1. Outline of R&D ·····25
2. Present Condition of Domestic and Overseas Technology Development ·····42
3. Performance contents and Results of R&D ·····67
4. Achievement and Contribution of Research Goal ·····492
5. Application of Research Result ·····500
6. Overseas Scientific Technological Information in the process of R&D ·503
7. Security Level of R&D Result ·····510
8. Present Condition of registered research installation to NTIS ·····511
9. Safety measure Result according to the performance of R&D ·····512
10. Representative Result of R&D ·····513
11. The others ·····520
12. Reference ·····523

〈 목 차 〉

제1장 연구개발과제의 개요 ····· 25
1. 연구개발 목적 ····· 25
2. 연구개발의 필요성 ····· 27
3. 연구개발 범위 ····· 30

제2장 국내 · 외 기술 개발 현황 ····· 42
1. 국내 기술 개발 현황 ····· 42
2. 국외 열차제어시스템 현황 ····· 53

제3장 연구 수행 내용 및 성과 ····· 67
1. 열차제어시스템 요구사항 분석 ····· 148
가. 국내외 적용 사례 조사 ····· 148
나. 산 · 학 · 운영기관 요구사항 분석 ····· 151

2. 한국형 무선통신기반 열차제어시스템 인터페이스 개발사양 정의 ····· 152
가. 개발사양 정의 ····· 152
나. 지상열차제어 인터페이스 요구사항 분석 ····· 153
다. CTC-RBC 간 인터페이스 개발사양 정의 및 보완 ····· 165
라. EIS-RBC 간 인터페이스 개발사양 정의 및 보완 ····· 174
마. KVC-RBC 간 인터페이스 개발사양 정의 및 보완 ····· 181
바. RBC-RBC 간 인터페이스 개발사양 정의 및 보완 ····· 190
사. 그 외 인터페이스 정의 ····· 198
아. 인터페이스 표준규격서 작성 ····· 208
자. 지상장치 시작품 설치기준 실차시험 검증 ····· 209

3. 시작품 제작 및 지상/차상 시험인프라 구축 ····· 211
가. 성능검증 및 시험인프라 구축 계획 ····· 211
나. 통합시험실 구축 ····· 212
다. 차상(HEMU-430X) 열차제어 인프라 구축 ····· 224
라. 차상(DL4457) 열차제어 인프라 구축 ····· 231
마. 시험 인프라용 CTC설비 구축 ····· 237
바. 호남고속선 시험선 지상 열차제어 인터페이스 구축 ····· 251
사. 경강선 시험선 시험선 지상 열차제어 인터페이스 구축 ····· 262
아. 시험선 사용전 검사 ····· 270

4. 한국형 무선통신기반 열차제어시스템 성능평가 ····· 273
가. 성능시험 계획 ····· 273
나. 통합시험실 성능평가 ····· 279
다. 종합시험 성능평가 ····· 283

제4장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 492
1. 목표 달성도 ····· 492
2. 관련 분야 기여도 ····· 497

제5장 연구개발성과의 활용 계획 ····· 500

제6장 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보 ····· 503

제7장 연구개발성과의 보안등급 ····· 510

제8장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설 · 장비 현황 ····· 511

제9장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적 ····· 512

제10장 연구개발과제의 대표적 연구 실적 ····· 513

제11장 기타 사항 ····· 520

제12장 참고 문헌 ····· 523

〈 그 림 목 차 〉

1-1. 일반고속철도 무선통신 및 열차제어시스템 실용화 방안 ·····26
1-2. 세계 여러 국가의 고속철도 건설 추진 현황 ·····28
1-3. 국내 철도용 무선통신시스템 운용현황 ·····29
2-1. ETCS L2 열차제어시스템 구성도 ·····42
2-2. 열차제어시스템 안전성 관련 규격(IEC KS C 62278) ·····45
2-3. 무선통신기술 발전 동향 ·····46
2-4. 이동통신 기술의 진화 ·····48
2-5. 국토교통분야 통합 기술수준 ·····51
2-6. 교통분야 기술수준 ·····52
2-7. 정부지원 필요성 분석-철도교통분야 ·····52
2-8. 철도교통 분야 - 기술격차 해소방안 ·····53
2-9. FOSTER RAIL 구성도 ·····54
2-10. 유럽 차세대열차제어시스템 개발로드맵 ·····55
2-11. FOSTER RAIL 참여업체 ·····55
2-12. Expected specifications convergence thanks to the NGTC project ·····56
2-13. Horizon2020, Shift2Rail, NGTC 추진 ·····57
2-14. The 25 Founders and overall 115+ promoters ·····58
2-15. Shift2Rail 프로젝트의 기술혁신분야 ·····59
2-16. 열차제어시스템 산업동향 ·····61
2-17. 주요 철도 무선통식 방식 ·····61
2-18. Huawei의 HRC 솔루션 구성 개념도 ·····65
2-19. Nokia Simens의 LTE-R 기술 개발 및 도입 전망 로드맵 ·····65
2-20. Alcatel Lucent의 단계별 LTE 통합 구조 ·····66
3-1. ISA SIL인증 활동 단계 ·····91
3-2. ERTMS/ETCS 시스템 구성 ·····95
3-3. KRTCS_2 구성도 ·····96
3-4. 안정성 평가 조직도 ·····97
3-5. 시스템 수명주기 ·····98
3-6. 안전성 평가 지원 체계(2) ·····99
3-7. 정보 저장 형태의 구성도 ·····103
3-8. 개념단계 현장심사 주요일정 ·····106
3-9. 서우건설산업 현장심사(2016.10.10.~ 2016.10.12.) ·····107
3-10. 신우이엔지 현장심사(2016.10.10.~ 2016.10.11.) ·····107
3-11. 테크빌 현장심사(2016.10.12.~ 2016.10.14.) ·····107
3-12. 포스코건설 현장심사(2016.10.10. ~ 2016.10.12.) ·····108
3-13. 대아티아이 현장심사(2016.10.13. ~ 2016.10.14.) ·····108
3-14. LS산전 현장심사(2016.10.17. ~ 2016.10.19.) ·····108
3-15. On-site Audit 후속작업 주요 업무 ·····109
3-16. SIL4 인증 3차년도 상세단계 활동범위 ·····110

3-17. SIL4 인증 4차년도 상세단계 활동범위 ·····110
3-18. 열차제어시스템 상호운영성 ·····138
3-19. 영국 런던 CrossRail 노선도(1) ·····140
3-20. 영국 런던 CrossRail 노선도(2) ·····140
3-21. Packet 41 ·····141
3-22. Level X에서 Y로 전환 도식도 ·····141
3-23. Level 1 → Level 2 전환 도식도 ·····142
3-24. Level 2 → Level 1 전환 도식도 ·····142
3-25. NL모드에서 Level 1 → Level 2 전환 도식도 ·····143
3-26. 국내 주요노선 열차제어시스템 건설현황 ·····148
3-27. ETCS Level 2 시스템의 라루비에르↔몽스 간 노선(오타) ·····150
3-28. ETCS Level 2 구간 현장조사 ·····151
3-29. ETCS 아키텍처에서의 연동장치↔무선폐색센터 간 인터페이스 ·····153
3-30. ETCS Level 1 구간에서의 연동장치↔LEU 간 인터페이스 상세구성도 ·····153
3-31. ETCS Level 2 기반 지상시뮬레이터↔무선폐색센터 간 인터페이스 구성도 ·····154
3-32. ETCS Level 2 기반 무선폐색센터 I/F 물리적 구성 ·····154
3-33. 연동장치↔무선폐색센터 간 인터페이스 요구사항 도출 과정 ·····155
3-34. 연동장치↔무선폐색센터 간 인터페이스 구성(안) ·····156
3-35. ABS의 세부 구성 및 인터페이스 ·····157
3-36. ETCS Level 2 기반 폐색장치↔연동장치 간 인터페이스 구성도 ·····158
3-37. ETCS Level 2 기반 전자연동장치↔폐색장치 간 물리적 구성 ·····158
3-38. 폐색 정보전송장치의 통신망 구성도 ·····159
3-39. 폐색정보전송장치 정보흐름도 ·····159
3-40. 무선통신기반 열차제어시스템 폐색장치 인터페이스 구성도 ·····159
3-41. ETCS Baseline 2 구성도 및 무선 인터페이스 사양 ·····160
3-42. ETCS Baseline 3 구성도 및 무선 인터페이스 사양 ·····160
3-43. ETCS Level 2 기반 안전전송유닛 사양 ·····161
3-44. Test case를 활용한 안전전송유닛 시험환경 구성 ·····162
3-45. 시험 구성 및 절차도 ·····162
3-46. Test case 시험결과 로그(정상) ·····163
3-47. LTE-R 설비에서의 열차제어 인터페이스 방안 ·····163
3-48. 안전전송유닛 품질개선 설계도 ·····164
3-49. 안전전송유닛 품질개선 외형도 ·····164
3-50. 안전전송유닛 동작시험 ·····164
3-51. CTC-RBC 인터페이스 개발 사양 범위 ·····165
3-52. RBC-CTC간 물리적 통신 인터페이스 ·····165
3-53. RBC-CTC간 논리적으로 연결 가능한 모든 통신세션 ·····166
3-54. RBC-CTC간 논리적 인터페이스 동작방법(RBC측면) ·····166
3-55. RBC-CTC간 논리적 인터페이스 동작방법(CTC측면) ·····167
3-56. RBC-CTC간 논리적 인터페이스 동작방법(COM서버 Shutdowm 시) ·····167
3-57. CTC-RBC 인터페이스 통신 프로토콜 스택 ·····168
3-58. CTC-RBC간 메시지 흐름 정상 시퀀스 ·····172

3-59. CTC-RBC간 시퀀스 중복 ····172
3-60. CTC-RBC간 시퀀스 지연 ····173
3-61. RBC에서 시퀀스 번호 불일치에 대한 예 ····173
3-62. EIS-RBC 상세 인터페이스 구성도 ····174
3-63. 용산역 연동도표 일부 ····177
3-64. 경산역 연동도표 일부 ····178
3-65. 시스템 동작 구성도 ····181
3-66. 지상RBC장치 및 KVC장치 간 인터페이스 구성도 ····181
3-67. STU와 LTE-R 장비의 인터페이스 구성도 ····182
3-68. KVC장치에서 안전-접속을 요청하는 경우의 메시지 흐름도 ····182
3-69. 지상에서 안전-접속 응답이 발생하지 않은 경우 메시지 흐름도 ····182
3-70. 데이터 전송을 위한 메시지 흐름도(지상→차상) ····183
3-71. 데이터 전송을 위한 메시지 흐름도(차상→지상) ····183
3-72. 안전 접속종료 메시지 흐름도(지상→차상) ····183
3-73. 안전 접속종료 메시지 흐름도(차상→지상) ····183
3-74. 지상안전전송유닛의 상태메시지 전송 예시 ····183
3-75. 차상안전전송유닛의 상태 메시지 전송 예시 ····184
3-76. 안전전송유닛의 통신장애 감시 예시 ····184
3-77. 수신된 메시지를 통해 통신세션정보를 STU1과 STU2가 동시에 관리 ····185
3-78. 동일한 RBC로의 안전-접속 통신세션 구축 ····185
3-79. RBC-RBC간의 인터페이스 개요 ····190
3-80. RBC-RBC 통신시스템 참조 모델 ····190
3-81. RBC 통신시스템 구조 장단점 및 결론 ····191
3-82. 물리적 인터페이스 ····191
3-83. 논리적 인터페이스 ····192
3-84. RBC-RBC 인터페이스 통신 프로토콜 스택 ····192
3-85. ALE 기능 모델의 통신 예 ····193
3-86. RBC-RBC간 세션 연결 및 데이터 전송 시퀀스 ····196
3-87. RBC-RBC TCP Client-Server Model ····197
3-88. JRU 커넥터 및 케이블 구성 ····198
3-89. JRU와 차상ATP장치 간 메시지 흐름도 ····199
3-90. JRU 메시지 구조 ····200
3-91. 기존장치와 KRTCS-2 차상장치 간 인터페이스 구축 절차 ····201
3-92. 기존장치와의 인터페이스 회로도 ····201
3-93. 디젤기관차의 ATP 전원 회로에서의 전원 공급 ····202
3-94. 역전기 전·후진 접점에 대한 ATP 입력 회로 ····202
3-95. 견인력 차단 계전기에 의한 회로 ····202
3-96. ATP에 의한 비상제동 회로 ····203
3-97. 장치 간 인터페이스 개요 ····204
3-98. 폐색정보전송장치 인터페이스 구성도 ····204
3-99. 전자연동장치와 폐색정보전송장치(역장치용) ····205
3-100. 역장치용과 현장장치용 간 인터페이스 구성도 ····205
3-101. 폐색정보전송장치(현장장치)와 AF궤도회로 간 인터페이스 구성도 ····206

3-102. 폐색정보전송장치 데이터 시퀀스 및 통신 속도 정의 ·····206
3-103. 호남고속선 및 강릉선 시험운행 계획 수립 ·····211
3-104. 기존 통합시험설비 현황 ·····212
3-105. 테스트케이스 및 테스트시퀀스를 활용한 시험시나리오 도출 ·····214
3-106. 차상ATP장치와 통합시험설비 간 인터페이스 구성도 ·····216
3-107. 호남 고속 시험선 구간 시나리오 구성도 ·····218
3-108. 테스트시퀀스 레벨분포 및 선정 항목 ·····219
3-109. 강릉선 제2시험선 구간 조감도 ·····220
3-110. 최종 통합시험설비 구성도 ·····223
3-111. 통합시험실 구축 및 고도화 사진 ·····223
3-112. 고속시험열차(HEMU-430X) 개조 구성도 ·····224
3-113. 고속시험열차 M4 객실 개조 설계도 ·····224
3-114. 고속시험열차 M4 객실 개조 전/후 ·····225
3-115. 각 제조사별 차상장치 설치 ·····225
3-116. 객실 내부 및 외부 타공 위치 및 케이블 포설 위치 ·····226
3-117. 케이블 포설 경로 ·····226
3-118. 절체 스위치 개념도 ·····226
3-119. 절체 스위치 설치 사진 ·····227
3-120. 인터페이스 장치 ·····227
3-121. 차량 하부 BTM안테나 탈거 위치 ·····228
3-122. MC카 기존 BTM 철거 후 실내 설치 ·····228
3-123. MC카 기존 BTM 철거 후 실내 설치 ·····228
3-124. 디젤기관차(DL4457호) ETCS Level 2 기반 차상 장치 구성품 배치 설계 최종도면 ·····232
3-125. 시스템 구성도 ·····237
3-126. 정읍시험센터 기기 배치도 ·····241
3-127. 시험용 CTC 인프라구축(정읍시험센터) ·····242
3-128. 시험용 CTC 인프라구축(만종시험센터) ·····243
3-129. LDTS-CTC 인터페이스 구성도 ·····244
3-130. LDTS-시험인프라용 CTC 인터페이스 추가 구성도 ·····245
3-131. LDTS-CTC Serial I/F 구축 구성도 ·····246
3-132. CTC-LDTS Serial I/F 구축 ·····246
3-133. 현차검증장비 주요기기 ·····248
3-134. 해무(HEMU-430X) 차량 현차검증장비 구축 ·····249
3-135. 디젤차량 현차검증장비 구축 ·····249
3-136. 현차검증장비 분석화면 ·····250
3-137. 현차검증장비 분석 리포트 ·····250
3-138. 호남고속철도 시운전 및 공인시험 지원 ·····251
3-139. 호남고속 시험선 시험 시나리오 개략도 ·····251
3-140. 호남고속선 익산-광주송정 간 선로종단면도 및 선로평면도 ·····253
3-141. 호남고속선 테스트베드 구간 신호 관구도(정읍 Signalling Chart) ·····253
3-142. RBC-SRME 간 인터페이스 개요도 ·····254
3-143. 지상안전전송유닛 인터페이스 개요도 ·····254
3-144. 강릉선 시험선 구간 시험 개략도 ·····262

3-145. 강릉선 KRTCS-2 지상 설비 철거 계획서 ·····269
3-146. 호남고속선 사용전검사 결과 ·····270
3-147. 강릉선 사용전검사 결과 ·····271
3-148. RBC 모니터링 화면에서 궤도회로 점유 및 진로상태 표시 ·····272
3-149. 열차제어시스템 성능시험 절차 ·····273
3-150. 통합시험 신청 및 시험 절차 ·····.273
3-151. 한국철도공사 간선형 전기자동차 138량 ATP시험 항목 ·····275
3-152. 터기 전기기관차 80량 현차시험 항목(AnsaldoSTS-현대로템) ·····276
3-153. 강릉선 DL기관차 현차시험 항목 ·····276
3-154. 현대로템 컨소시엄 시험결과 검증 ·····281
3-155. LS산전 컨소시엄 시험결과 검증 ·····281
3-156. 통합시험 신청서, 결과보고 및 시험결과 검증 보고서(예) ·····282
3-157. 호남고속선 시나리오 시험 절차 ·····283
3-158. 일반 및 고속철도 통신 시스템 구성도 ·····299
3-159. LTE 기반 철도통신 시스템 요구사항(TTA 표준 표지) ·····302
3-160. 철도 무선통신 요구사항 정의 ·····303
3-161. LTE 기반 철도통신시스템 구조 ·····310
3-162. LTE 기반 철도통신시스템의 특징 ·····311
3-163. 구조표준에 반영된 LTE-R 구조 ·····312
3-164. eICIC/FeICIC 기술 ·····314
3-165. CoMP coordinated beamforming 기술 ·····314
3-166. LTE-R과 PS-LTE 네트워크의 이종망네트워크 구축 형태 ·····315
3-167. Homogeneous/Heterogeneous Network 구조 ·····315
3-168. 철도망과 방송망 주파수 간섭 시나리오 ·····316
3-169. RAN-Sharing 구현 방식 ·····317
3-170. 기존 경제성 분석에서 활용한 편익지표 ·····318
3-171. 8가지의 편익의 세부 구성 비율 ·····322
3-172. 철도통신시스템 시험 형상도 ·····325
3-173. 열차 객실에서 시험 측정지점 ·····326
3-174. 익산-정읍 구간에서의 다운링크의 전파 신호 측정 결과 ·····326
3-175. 열차 기관실에서 시험 측정지점 ·····327
3-176. LTE 기반 철도 통신 시스템 개념도 ·····338
3-177. 연동 장치 개념도 ·····339
3-178. LTE-R망과 VHF망 연동 구성도 ·····339
3-179. LTE-R망과 ASTRO망 연동 구성도 ·····340
3-180. LTE-R망과 TETRA망 연동 구성도 ·····340
3-181. 연동장치의 신호 흐름도 ·····.342
3-182. 승무원통신 게이트웨이시스템 개념도 ·····343
3-183. 망 중심 연동방안 개념도 ·····345
3-184. 게이트웨이(단말기) 중심 연동방안 개념도 ·····346
3-185. 망 중심 연동방안을 적용한 운용 시나리오 ·····347
3-186. 게이트웨이(단말기) 중심 연동방안을 적용한 운용 시나리오 ·····348
3-187. 단말기 연동 철도통신 시스템 ·····349

3-188. 단말기 연동 시스템모델 ····350
3-189. 중계기 위치에 따른 심볼오류율 ····350
3-190. 에너지 할당에 따른 심볼오류율 ····351
3-191. 주어진 중계기 위치에 따른 심볼오류율: C-D ····351
3-192. 주어진 중계기 위치에 따른 심볼오류율: D-C ····352
3-193. 주어진 에너지할당에 따른 심볼오류율: C-D ····352
3-194. 주어진 에너지할당에 따른 심볼오류율: D-C ····353
3-195. 휴대단말 표준 1차 회의(0921) ····353
3-196. 휴대단말 표준 2차 회의 ····354
3-197. TR22.889 FRMCS의 구성 ····357
3-198. TR23.790 FRMCS 아키텍쳐 기능 모델 ····358
3-199. 3GPP 국제표준화 활동 전략 ····359
3-200. LTE-R 망 구성도 ····368
3-201. 재난안전통신망과의 연동 구조도 ····370
3-202. EPC 보드 이중화 ····370
3-203. DU 이중화 형상 ····371
3-204. 열차제어시스템과 LTE-R 무선통신망 간 연동 구조 ····371
3-205. RBC에서 차상단말로의 제어 데이터 전달 절차도 ····372
3-206. 열차이동국과 LTE-R 무선통신망 간 연동구조 ····372
3-207. 열차이동국으로부터 폐색센터로의 데이터 전달 절차도 ····372
3-208. LTE-R 지상인프라 구축 개략도 ····373
3-209. 호남고속선 테스트베드 LTE-R 계통도 ····373
3-210. Core 장비 설치(안) ····374
3-211. DU 장비 구성도 및 설계도 ····374
3-212. RRU 시스템 주요 구성품(RRU, 정류기, 분전반) ····375
3-213. 안테나(전철주 용/터널 내 용) ····375
3-214. RRU 시스템 전철주 부착 방안 설계도 ····376
3-215. 시험망 셀 구성도 ····376
3-216. 정읍시험센터 전경 및 코어설비 구축 ····377
3-217. 개활지 현장설비 ····377
3-218. 터널내 RRU 및 관련장비 설치 ····378
3-219. 터널 내 현장설비 ····378
3-220. 호남고속선 테스트베드 LTE-R 구성도 ····379
3-221. 안테나 높에이 따른 커버리지 시험구간 개략도 ····387
3-222. 안테나 높이별 종합 측정결과 ····389
3-223. 상호연동시스템 구성도 ····394
3-224. 상호연동시스템 네트워크 구성도 ····394
3-225. 상호연동시승템 인터페이스 구조도 ····396
3-226. 정읍시험센터에 설치된 상호연동시스템 시작품 ····396
3-227. 광명열차무선제어센터에 설치된 상호연동장치 시작품 ····397
3-228. 광명열차무선제어센터에 설치된 상호연동시스템 시작품 ····398
3-229. ASTRO INTERWORKING SYSTEM 구성도 ····398
3-230. ASTRO INTERWORKING SYSTEM 시제품 실물 ····398

3-231. TETRA INTERWORKING SYSTEM 구성도 ·····399
3-232. TETRA INTERWORKING SYSTEM 시제품 실물 ·····399
3-233. 상호연동시스템 시작품 자체검증 시험구성도 ·····400
3-234. 상호연동시스템 자체검증 시험구성도 ·····403
3-235. QoS 연동인터페이스 정의 ·····406
3-236. PCRF Call 절차도 ·····406
3-237. LTE Network에서 QoS 연동 ·····408
3-238. internet APN을 위한 Default Bearer 생성절차 ·····411
3-239. internet APN을 위한 Default Bearer 삭제 ·····411
3-240. atpcontrol/atocontrol APN Default Bearer 생성 ·····411
3-241. atpcontrol/atocontrol APN Dedicated Bearer 생성 ·····412
3-242. atpcontrol/atocontrol APN Dedicated Bearer 삭제 ·····412
3-243. korailvoip APN Default Bearer 생성 ·····.412
3-244. korailvoip APN Dedicated Bearer 생성 ·····412
3-245. korailvoip APN Dedicated Bearer 삭제 ·····412
3-246. Diameter 헤더 포맷 ·····413
3-247. Gx 인터페이스 Diameter 헤더 포맷 ·····413
3-248. AVP 포맷 ·····413
3-249. Rx 인터페이스 Diameter 헤더 포맷 ·····414
3-250. AVP 포맷 ·····414
3-251. QoS 분석 시스템 형상 ·····414
3-252. QoS 분석 시스템 망 구성도 ·····415
3-253. QoS 분석 앱 구조 ·····416
3-254. QoS 제어시스템 시작품 구성(랙 구성도, OMP, OMC) ·····417
3-255. LTE-R PCRF 기능시험정의서 3장 철도서비스별 QoS 파라미터 ·····422
3-256. QoS 시스템 형상 ·····422
3-257. QoS 분석 시스템 망 구성도 ·····422
3-258. QoS 분석앱 ·····423
3-259. 시제품 시험을 위한 시험망 구성도 ·····423
3-260. QoS 분석시스템 Power Off 화면 ·····424
3-261. QoS 분석시스템 Power On 화면 ·····424
3-262. OMC상 하드웨어 리소스를 확인 할 수 있는 화면 ·····425
3-263. OMC에서의 프로세스 기동 확인 화면 ·····425
3-264. QoS 제어시스템에서의 프로세스 기동 종료 확인 화면 ·····425
3-265. OMC상 QoS 제어시스템 관련 프로세스가 기동되는지에 대한 검증 화면 ·····426
3-266. Diameter Peer 생성을 위한 MML Console ·····427
3-267. QoS1, QoS2에 CSCF2 연결 확인 ·····427
3-268. 휴대단말기 설계도면 ·····441
3-269. 간섭제거용 필터 인터페이스 회로 설계도 ·····445
3-270. 휴대단말기 시작품 ·····445
3-271. 휴대단말기 PTT Client UI/UX ·····446
3-272. 데이터 Throughput 실측사진 ·····449
3-273. RSRP 측정 실측 사진 ·····449

3-274. 정읍-광주송정 구간의 노령터널 RSRP(RRU 0.5km) ·····449
3-275. 광주송정-정읍 구간의 노령터널 RSRP(RRU 1km) ·····450
3-276. 영상통화 및 음성통화 시험장면 사진 ·····450
3-277. 익산-정읍 구간 RSRP(RRU 1km) ·····451
3-278. 차상단말기 구성방안 ·····454
3-279. 차상조작반 외형 설계도 ·····456
3-280. 차상인터페이스 외형 설계도 ·····456
3-281. 차상안테나 외형 설계도 ·····456
3-282. LTE-R 차상단말기 시작품 ·····457
3-283. 차상인터페이스 장치 시작품 실물 ·····458
3-284. 차상안테나 시작품 실물 ·····458
3-285. LTE-R 차상단말기 차상조작반(TRCP) ·····459
3-286. LTE-R 차상단말기 제어기 및 인터페이스 장치 ·····459
3-287. LTE-R 차상단말기 안테나 ·····459
3-288. HEMU-430X 차상단말기 설치구성도 ·····460
3-289. 시험구간 및 통신장비 계통도 ·····465
3-290. 공인기관 검사 성적서 ·····466
3-291. 차상단말기 자체검증 PTT 음성/영상통화 실측사진 ·····468
3-292. 차상단말기 자체검증 VoLTE 음성/영상통화 실측사진 ·····468
3-293. 차상단말기 자체검증 VoLTE 음성/영상통화 실측사진 ·····469
3-294. 차상단말기 자체검증 신호데이터 측정결과(부분 샘플링) ·····469
3-295. 300km/h~350km/h LTE-R 성능시험 공인기관 선정 관련 문서 ·····471
3-296. 현차시험절차서 검토 회의 개최 알림 문서 및 차상인프라 시험절차서 ·····471
3-297. 현차시험절차서 검토회의 ·····472
3-298. 지상인프라 공인검증기관 시험성적서 획득(지상인프라, QoS시스템) ·····479
3-299. 차상인프라 공인검증기관 시험성적서 획득(상호연동시스템, 휴대단말기, 차상단말기) ·····479
3-300. 지상, 차상인프라 공인검증기관 성능시험 현차시험 ·····480

〈 표 목 차 〉

2-1. ETCS Level 2 지상장치 핵심기술 연구내용 ·····42
2-2. 일반 및 고속철도 신호/통신 국가연구개발사업 및 시범사업 현황 ·····43
2-3. 국내 일반·고속철도 열차제어기술 기술 수준 등급 ·····44
2-4. 열차무선통신시스템 현황 ·····46
2-5. 철도 주파수 사용 현황 ·····47
2-6. VHF 채널별 사용 현황 ·····49
2-7. TRS 대역별 사용 현황 ·····49
2-8. 국내 철도용 TRS 주파수 사용 현황 ·····50
2-9. 철도교통 분류체계 ·····51
2-10. Shift2Rail IP2의 우선연구 및 활동 ·····60
2-11. 해외 철도무선통신망 현황 ·····64
3-1. 차상 및 지상장치의 기본 구성 및 요구사항 ·····81
3-2. 차상/지상 장치 구성 및 인증 대상 ·····96
3-3. 문서 양식 목록 ·····99
3-4. ERTMS/ETCS 기본 교육 내용 ·····101
3-5. 유럽규격(EN) 교육 내용 ·····102
3-6. 인증기관 선정용 기술평가기준 ·····104
3-7. 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발 시 경제성 분석 결과 ·····137
3-8. 국가철도 통합무선제어시스템 구축 시 경제성 분석 결과 ·····137
3-9. ETCS 레벨 간 전환 ·····141
3-10. 국가별, 노선별 혼용운영 현황 ·····144
3-11. KRTCS-2 인터페이스 구성도 및 장치 ·····152
3-12. 지상시뮬레이터장치↔지상RBC장치 간 물리적 인터페이스 ·····155
3-13. 연동장치↔무선폐색센터 간 인터페이스 요구사항(안) ·····155
3-14. ETCS Level 2 기반 전자연동장치↔폐색장치 간 물리적 구성 ·····158
3-15. 안전전송 인터페이스 필수 참고사양서 ·····161
3-16. 안전전송유닛의 품질 요구조건(안) ·····163
3-17. EIS-RBC 간 인터페이스 사양 ·····174
3-18. EIS-RBC 간 메시지 프레임 구조 ·····175
3-19. 선로전환기 표시정보 비트 구성 ·····175
3-20. 장내/출발신호기의 표시정보 비트구성 ·····175
3-21. 진로 표시정보 비트 구성 ·····176
3-22. 궤도회로 표시정보 비트 구성 ·····176
3-23. 운용에 따른 전자연동장치 필수 및 참고정보 ·····176
3-24. 용산역 메시지 전송량 산출 결과 ·····177
3-25. 경산역 메시지 전송량 산출 결과 ·····178
3-26. EIS-RBC 인터페이스 개발사양(안) 주요 기준 보완 내용 ·····179
3-27. 안전전송유닛 상세 메시지 정의 ·····186
3-28. 지상-차상 안전전송 인터페이스 개발사양(안) 주요 기준 보완 내용 ·····189

3-29. ACTIONS 서비스 프리미티브 ····194
3-30. EVENTS 서비스 프리미티브 ····194
3-31. ALE 패킷 형식 ····195
3-32. ALE 패킷 타입 ····195
3-33. JRU 물리적 인터페이스 사양 ····198
3-34. JRU와 차상ATP장치 간 메시지 목록 ····199
3-35. DL4457 기존 ATP장치와 KRTCS-2 차상장치 간 병렬연결 인터페이스 ····201
3-36. 폐색정보전송장치 물리적 인터페이스 사양 ····205
3-37. 폐색정보전송장치 장치 간 메시지 ····207
3-38. 시스템 개발을 위한 인터페이스 사양서 ····208
3-39. 철도공사규격서(KRCS) ····208
3-40. 철도공사규격서(KRCS) 제정 요청 ····209
3-41. RBC 제작사별 열차 제어 수량 ····209
3-42. ETCS Level 2 RBC 제어거리 ····210
3-43. 기존 통합시험설비 구성 현황 ····213
3-44. Subset-076 사양의 구조 ····213
3-45. 기본 11가지 시험 시나리오 항목 ····217
3-46. 11가지 기본 시험 시나리오 분석 내역 ····217
3-47. 호남 고속 시험선 구간 시나리오 주요 동작 ····218
3-48. ETCS SUBSET-076 테스트 시퀀스 레벨 및 모드 분석 ····219
3-49. 강릉선 시험선 구간 지상 데이터베이스 구축 ····220
3-50. 통합시험설비 구축 작업 ····221
3-51. 최종 일반 및 고속선 시험선로 데이터베이스 ····222
3-52. 고속시험열차 개조 내용 ····224
3-53. 디젤기관차(DL4457호) 차상 인터페이스 구축 방안 수립 ····231
3-54. 디젤기관차(DL4457호) 차상 인터페이스 장비 구축 ····232
3-55. 강릉선 시험선 차상성능시험 지원 ····236
3-56. 시험 인프라용 CTC 시스템 사양 ····238
3-57. CTC 소프트웨어 기능 목록 ····239
3-58. LDTS 통신포트 목록 ····244
3-59. 호남고속선 기존 신호설비 설치 현황 ····252
3-60. 호남고속선 시험선 구간 내의 기존 및 신설 설비 ····253
3-61. 정읍신호기계실 및 통신기계실 현장조사, 인터페이스 설계 및 구축 ····255
3-62. 정읍시험센터 현장조사, 인터페이스 설계 및 구축 ····256
3-63. 선로변 인터페이스 구축을 위한 현장조사 및 실측 ····256
3-64. 호남고속선 시험선 ETCS-Level 2 PLAN 실시설계 ····257
3-65. 시험용 발리스에 대한 인터페이스 상세 설계 및 구축에 대한 상세 내용 ····257
3-66. 시험선 인터페이스 및 인프라 환경 고도화 설계 ····258
3-67. 호남고속선 시험선 구간 발리스 설치 현황 ····258
3-68. 시험선 인터페이스 구축 ····259
3-69. 호남고속선 시험선 사전 인터페이스 시험 결과 ····260
3-70. 성능시험 관련 안전교육 및 지원 내용 ····260

3-71. 호남고속선 시험선 인터페이스 장비 철거 및 원상복구 ·····261
3-72. 원주-강릉 신규노선 일반선의 신호설비 구분 ·····262
3-73. 시험선 구간 내의 기존(신규노선) 및 신설(인프라 구축) 설비 ·····263
3-74. 만종역과 횡성역 각 기계실 현장조사 ·····263
3-75. 시험선 구간 설계 도면 ·····264
3-76. 만종역과 횡성역 각 기계실 현장구축 ·····266
3-77. 성능시험 전 관계자와 업무 협의 및 시험 지원 ·····268
3-78. 호남고속선 통합시험 방안 ·····280
3-79. 호남고속선(익산~모암IEC) 주행 시나리오 ·····280
3-80. 경강선 통합시험 방안 ·····280
3-81. 경강선(만종~횡성) 주행 시나리오 ·····280
3-82. 컨소시엄 별 통합시험 결과 ·····281
3-83. 컨소시엄 별 호남고속선 현장시험 결과 ·····283
3-84. 호남고속선 시험선 시험항목 ·····284
3-85. 컨소시엄 별 호남고속선 현장시험 현황 ·····284
3-86. 공인기관 성능시험 절차서 추진경과 ·····287
3-87. 경강선 시험선 구간 발리스 설치 현황 ·····290
3-88. 경강선 시험선 시험항목 ·····291
3-89. 컨소시엄 별 경강선 현장시험 현황 ·····291
3-90. 컨소시엄 별 호남고속선 현장시험 결과 ·····295
3-91. Vital 음성 통화 서비스 요구사항 ·····299
3-92. Non-vital 음성 통화 서비스 요구사항 ·····300
3-93. 철도 음성 통화 서비스 종류 및 호 처리 성능 요구사항 ·····300
3-94. LTE 기반 철도통신 서비스 범위 ·····312
3-95. 시스템 구성 및 역할 ·····313
3-96. 인프라 구축 계획 및 단말기 비용 산정 ·····319
3-97. 통신방식에 다른 초기 인프라 구축비용 ·····320
3-98. LTE-R 구축 시 VHF 대비 총비용 차이 ·····320
3-99. LTE-R 구축 시 TRS 대비 총비용 차이 ·····320
3-100. 본 과제 수행시 적용하는 편익 구조 ·····321
3-101. VHF 대비 LTE-R 시스템의 경제성 분석 ·····322
3-102. TRS 대비 LTE-R 시스템의 경제성 분석 ·····322
3-103. LTE-R 지상인프라 구성장비 정의 ·····369
3-104. 열차제어 데이터 서비스 성능목표 ·····371
3-105. 주요설비 구축현황 ·····373
3-106. RRU 장비 구성품 제원 ·····375
3-107. 시험망 셀 구성 현황 ·····377
3-108. 지상인프라 자체검증 주요 시험항목 ·····380
3-109. 철도전용 무선통신망 지상인프라 세부항목별 검증데이터 시험결과서 ·····381
3-110. 지상인프라 자체검증 RRU 적정간격 시험결과 ·····381
3-111. 지상인프라 터널내 RRU 높이에 따른 시험결과 ·····382
3-112. 지상인프라 열차 교행시 품질영향에 따른 시험결과 ·····383
3-113. 주요 시험항목 및 검증기준 ·····383

3-114. 혹한기 지상인프라 커버리지 측정결과 ……384
3-115. 혹한기 지상인프라 데이터 전송속도 측정결과 ……384
3-116. 혹한기 지상인프라 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR) 측정결과 ……384
3-117. 혹서기 지상인프라 커버리지 측정결과 ……384
3-118. 혹서기 지상인프라 데이터 전송속도 측정결과 ……384
3-119. 혹서기 지상인프라 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR)측정결과 ……385
3-120. 혹한기 지상인프라 커버리지 측정결과 ……385
3-121. 혹한기 지상인프라 데이터 전송속도 측정결과 ……385
3-122. 혹한기 지상인프라 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR) 측정결과 ……385
3-123. 혹서기 지상인프라 커버리지 측정결과 ……386
3-124. 혹서기 지상인프라 데이터 전송속도 측정결과 ……386
3-125. 혹서기 지상인프라 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR) 측정결과 ……386
3-126. 주요 시험항목 및 검증기준 ……390
3-127. 혹한기 지상인프라 커버리지 측정결과 ……391
3-128. 혹한기 지상인프라 데이터 전송속도 측정결과 ……391
3-129. 혹한기 지상인프라 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR) 측정결과 ……392
3-130. LTE-R과 VHF, ASTRO, TETRA 상호연동 필수 요구사항 ……392
3-131. LTE-R과 VHF, ASTRO, TETRA 상호연동 부가 요구사항 ……393
3-132. 상호연동시스템 시작품 목록(정읍시험센터 설치) ……396
3-133. 상호연동시스템 시작품 목록(광명열차무선제어센터 설치) ……397
3-134. 상호연동시스템 시작품 목록(철도교통 관제센터 설치) ……397
3-135. 상호연동시스템 SIP Proxy 서버 자체검증 시험결과 ……400
3-136. 상호연동시스템 지령대 자체검증 시험결과 ……401
3-137. 상호연동시스템 Remote GW 자체검증 시험결과 ……401
3-138. 상호연동시스템 Configuration Toole 자체검증 시험결과 ……401
3-139. 상호연동시스템 VHF 터미널 자체검증 시험결과 ……401
3-140. 상호연동시스템 ASTRO 터미널 자체검증 시험결과 ……402
3-141. 상호연동시스템 TETRA 터미널 자체검증 시험결과 ……402
3-142. 상호연동기술 통화 시험결과 ……402
3-143. 상호연동시스템 자체검증 종합 시험결과 ……405
3-144. EPS Bearer QoS 파라미터 세부설명 ……407
3-145. SDF QoS 파라미터 세부설명 ……407
3-146. PCC Rules ……408
3-147. LTE 표준 QCI 특성 ……409
3-148. 3GPP Rel-12에 추가된 QCI ……409
3-149. GSM-R에서 요구하는 QoS ……410
3-150. TTA에서 요구하는 LTE-R 관련 QoS 요구사항 ……410
3-151. QoS 분석 시스템 설명 ……414
3-152. QoS 분석 시스템 망 설명 ……415
3-153. QoS 분석 앱 설명 ……416
3-154. QoS 분석앱 개발 환경 정의 ……416
3-155. 시험항목 및 검증기준 ……418
3-156. QoS 제어시스템 단말 DM Tool 측정 결과 ……420

3-157. QoS 제어시스템 네트워크 등록시간 측정 결과 ·····421
3-158. QoS 제어시스템 기능정의 ·····421
3-159. QoS 제어시스템 네트워크 등록시간 측정 결과 ·····423
3-160. 휴대단말기 사용자 기능적 요구사항 ·····435
3-161. 휴대단말기 사용자 비기능적 요구사항 ·····435
3-162. 휴대단말기 LTE기반 철도통신시스템 기능 요구사항 ·····436
3-163. 휴대단말기 LTE기반 철도통신시스템 성능 요구사항 ·····437
3-164. LTE 기반 철도 통신 기능 요구사항(TTAK.KO-06.0369) ·····437
3-165. 재난안전통신망(PS-LTE) 구축사업 요구사항(RFP) ·····438
3-166. 단말 지원기능 비교 ·····439
3-167. PS-LTE 37개 요구사항 역할 ·····439
3-168. LTE-R 전용 기능 ·····440
3-169. 휴대단말기 주요 사양 ·····441
3-170. 휴대단말기 RF 특징 ·····442
3-171. 휴대단말기 DC 특성 ·····442
3-172. 휴대단말기 배터리 특성 ·····442
3-173. 휴대단말기 디스플레이 특성 ·····442
3-174. 휴대단말기 환경적 특성 ·····442
3-175. 휴대단말기 소비전력 ·····443
3-176. RF 대역 지원_LTE Band ·····443
3-177. LTE 모드 주파수 특성 ·····444
3-178. 휴대단말기 시제품 제작사양 ·····446
3-179. 휴대단말기 주요 무선통신 품질기준 ·····447
3-180. 휴대단말기 자체검증 성능결과_기준출력 및 RF성능 측정 ·····448
3-181. 휴대단말기 자체검증 성능결과_LTE-R 전용망 접속시간 측정 ·····448
3-182. 휴대단말기 자체검증 성능결과_데이터 전송속도 측정 ·····448
3-183. 휴대단말기 자체검증 음성/영상 통화 시험결과 ·····450
3-184. 휴대단말기 주요 무선통신 품질기준 ·····451
3-185. 휴대단말기 자체검증 시험결과_데이터 전송속도 측정 ·····451
3-186. 재난 안전 무선통신망 기능 요구사항 ·····452
3-187. LTE-R 통신망 서비스 요구사항 ·····452
3-188. 차상단말기 구성수량 ·····454
3-189. 차상조작반 성능 ·····454
3-190. 차상인터페이스 장치 성능 ·····455
3-191. LTE-R 무선통신장치 성능 ·····455
3-192. 차량안테나 성능 ·····456
3-193. 차상조작반 개요 ·····457
3-194. 차상인터페이스 장치 개요 ·····457
3-195. 차상안테나 개요 ·····458
3-196. HEMU-430X 차상단말기 설치구성품 ·····460
3-197. HEMU-430X 차상단말기 설치방안 ·····461
3-198. KTX-36호 차상단말기 설치환경 ·····462
3-199. 차상단말기 주요 무선통신 품질기준 ·····462

3-200. DAQ Score ····463
3-201. RRU 간격별 차~지상간 상호 통화시험 결과 ····463
3-202. 전파수신강도 측정결과 ····464
3-203. 차상단말기 자체시험시 기후환경 ····467
3-204. 차상단말기 자체시험 시험항목 및 검증기준 ····467
3-205. 차상단말기 자체시험 종합시험 결과 ····468
3-206. 차상단말기 자체시험 데이터 통신 결과값 ····469
3-207. 차상단말기 자체검증 ····469
3-208. 검증기관 현장조사 및 비교 ····471
3-209. 현차시험 결과 합불 기준 ····472

제1장 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적

본 과제는 일반, 광역 및 고속철도용 무선통신 및 열차제어시스템의 실용화를 목적으로 그동안 연구된 결과 등을 활용하여 표준화, 안전성평가, 성능검증 평가를 통하여 실용화 기반을 마련하는 사업이다. 최근, 에너지 효율, 환경 친화적 요소 등이 부각되면서 국가교통 핵심기반으로 철도의 중요성이 강조됨에 따라, 정부는 국토 전반을 하나의 생활권으로 통합하는 제3차 국가철도망 구축계획(2016~2025)을 수립·추진 중에 있다. 이러한 정책 변화를 중심으로, 기술분야에서는 관련 정책을 실현하기 위한 많은 연구가 이루어지고 있는 실정이며, 국가적 차원의 통합되고 일원화된 철도 인프라 구축을 위해서는 우선적으로 열차운영 환경 및 열차운영속도, 열차운영과 밀접하게 연관된 철도신호 및 통신시스템의 통합 개발이 절실히 필요한 실정이다.

일반적으로 철도는 도시철도(경량전철 포함), 일반철도, 고속철도로 구분되며, 이들의 열차제어시스템과 통신시스템의 기능도 각각 다르게 주어진다. 도시철도에 적용되는 열차제어시스템은 무인 또는 자동운전을 지원하기 위해 열차의 주요 장치를 직접 또는 간접적으로 제어하고 관리하는 기능을 가지며, 일반철도에 적용되는 열차제어시스템은 전동차, 화물 및 여객 열차가 혼합 운용됨에 따라 이들 속도에 따른 선행열차와 후속열차간의 안전간격 확보에 기능이 집중되어 있으며, 고속철도의 열차제어시스템은 열차와 선로에 설치되어 있는 안전설비와 연계하여 고속 운행시의 안전한 열차운행을 보장하도록 구성된다.

현재 국내 일반 및 고속철도 노선에 설치, 운영 중인 열차제어시스템은 지상의 신호기를 사용하는 자동열차정지장치(ATS : Automatic Train Stop), 차상의 속도코드를 이용하는 고속선의 자동열차제어장치(ATC : Automatic Train Control)와 기존선 운전 효율 향상을 위해 지상신호설비와 병행하여 설치된 자동열차보호장치(ATP : Automatic Train Protection)가 있으며, 하부장치로 자동폐색장치(ABS : Automatic Blocking System), 열차의 진로를 제어하는 전자연동장치(EIS : Electronic Interlocking System), 원격으로 열차를 제어, 감시, 통제하는 열차집중제어장치(CTC : Centralized Traffic Control)로 분류된다.[43,53,74]

국내의 철도 통신시스템은 일반철도 구간은 VHF(Very High Frequency) 시스템을 통해 단순 음성통화만 실시함으로서 데이터 통신이 불가능하며, 특히, 음영지역이 전국에 산재함에 따라 통신 장애가 지속적으로 발생하고 활용도가 떨어지고 있는 추세에 있다. 고속철도 구간은 2004년 경부고속철도 도입과 함께 TRS(Trunked Radio System)와 일반철도 VHF가 혼용으로 운용되며, 이 시스템도 음성통화 위주로 일부 단문 메시지 전송만이 가능하며, 경부고속선상의 운행 열차위치에 따라 통신방식이 VHF, TRS-ASTRO, TRS-TETRA로 변경됨으로서 열차 운행에 따른 효율성 문제가 제기되었다.

철도는 토목, 궤도, 전차선, 차량, 신호, 통신, 관제 등 복합적으로 구성된 시스템 산업으로서의 기능을 수행하기 때문에 각 subsystem 간의 조화로운 작동이 필수적이다. 열차제어시스템은 선로(궤도)상을 움직이는 선행열차와 후속열차간의 안전거리를 유지하여 철도운행의 안전을 최종적으로 보장하고 철도운영의 효율성을 높이는 중요한 역할을 담당하며, 자동제어기술, vital S/W기술, vital H/W기술, 유무선 정보통신기술, 안전성 중심의 시스템 엔지니어링기술 등으로 구성된다.

국내 철도에 적용된 무선통신은 단거리, 저속용 도시철도에 비허가대역인 2.4㎓ 대역

ISM(Industrial Scientific Medical)밴드의 IEEE 802.11.x 표준을 적용한 무선 LAN방식을 이용한 것이 주류를 이루고 있으며, 국외의 경우 일반 및 고속철도용으로 2세대 무선통신방식인 GSM(Global System for Mobile communication)을 철도환경에 맞춰 적용한 GSM-R과 같이 표준화된 무선통신이 주도하고 있으며, 미국의 PTC(Positive Train Control), 일본의 ATACS(Advanced Train Administration Communications System) 용 무선통신망 등 고유한 무선통신망을 사용하고 있다. 현대의 철도는 무선통신을 활용한 음성, 화상, 데이터 등 다양한 서비스(열차제어, 인터넷, e-Ticket서비스, 블루투스, 위성 및 지상파 DMB 등)가 확대 요구되는 등 철도종사자용으로 활용되던 무선통신환경이 급격히 확대되고 있다.

국외에서 사용중인 GSM-R(GSM-Railway)의 경우 국내에서는 활용이 불가능하고 국외의 경우도 공급사와 추가 소요에 따른 주파수대역을 지속적으로 확보하는 것이 곤란하기 때문에 유럽, 중국, 미국 등은 차세대 철도무선통신망을 고려하고 있으며, 이러한 세계적인 추세에 따라 우리나라에서도 '도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가'연구를 통하여 LTE-R을 제안하고 2014년 7월 도시철도용으로 그 사용 가능성을 검증한 바 있다.

선행 연구를 통하여 확보한 다양한 무선통신기술과 열차제어 핵심기술을 국내 철도건설사업과 개량사업에 적용하기 위해서는 기술의 전환을 주도하고 있는 무선통신기술의 적용, 국내 철도운영기관을 포함한 유관기관과의 협력연구체계 구축을 통한 요구사항 반영, 연구 결과의 시범사업을 통한 사업화 전략에 대한 역량강화 등이 요구된다. 또한 국가철도망 구축계획을 중심으로 중장기적인 마스터플랜을 정립하고, 국가 철도신호통신체계를 단계적으로 일원화, 표준화하는 것이 필요하다. 특히 열차제어시스템의 안전성인증체계와 국내철도신호산업구조 개편을 중장기적으로 단계별로 추진해야 할 것으로 판단되며, 본 과제에서 사업화되는 무선통신 및 열차제어시스템의 국외 수출까지도 염두에 두고 연구를 추진해야할 것으로 판단된다.

중·장거리 화물과 여객을 더욱 효율적으로 운송하기 위한 철도의 구조적 변화를 보장하기 위해 철도망의 선로의 확대 및 성능향상에 상당한 투자를 필요로 한다. 따라서 궁극적인 목표는 선로의 확대 및 개량을 최소화하고, 향후 전체 철도망에 공통적으로 적용 가능한 기술을 적용함으로서 최적화된 열차제어·통신시스템을 구축하는 것으로, 이러한 표준화된 통합시스템은 차량과 선로 장비 공급자간의 완전한 상호 운용성을 가능하게 하여 선로의 용량과 안전성을 증대시킬 수 있을 것으로 예상된다. 이러한 현실을 고려하여 국토교통부는 철도노선별 연계운행 강화 및 운행시격 단축을 통한 철도 수송능력 증대와 철도운영 효율성을 향상시키고, 세계 기술시장 변화에 대응한 철도안전을 확보하고자 하는 미래의 이동통신 개념이 포함된 LTE-R을 사용한 국가철도 통합무선제어 기술개발을 위한 기본 계획을 2012년 수립하였다. 이상과 같이 일반 및 고속철도용 무선통신과 열차제어핵심기술의 적용을 위해서 확인된 연구개발 여건과 대응전략을 토대로 다음과 같이 본 연구과제의 비전을 제시하였다.

일반 및 고속철도용 무선통신 및 열차제어시스템의 실용화를 통한 국내 철도 산업 경쟁력 확보 및 해외 수출 지원



- 철도전용 무선통신시스템(LTE-R) 실용화
- 무선기반 열차제어시스템(ETCS L2 호환) 실용화
- 최고운행속도 350km/h 성능검증
- 일반, 고속철도 단계적 적용

[그림 1-1] 일반고속철도 무선통신 및 열차제어시스템 실용화 방안

본 과제의 궁극적인 목표는 국내외 철도기술발전 동향에 맞추어 차세대 무선통신 및 열차제어 시스템을 실용화하기 위한 테스트 베드 구축과 시범노선 적용을 통하여 해외 철도산업과 경쟁할 수 있는 역량을 조기에 확보하는 것이다. 국내외 철도신호통신 시장의 시급성과 시장성, 운영여건 등을 고려하여 선행과제에서 연구 개발된 결과를 토대로 연구개발과 실용화를 동시에 추진하고자 한다.

연구를 성공적으로 수행하기 위해서는 시스템을 설계하고 제작하는 기업의 충분한 역량을 확보하는 것이 대단히 중요하다. 그리고 일반철도와 고속철도에 대한 관련 부처의 정책적인 요구사항 및 해외 철도시장의 기술발전 추세를 반영한다면, 목표된 기간내에 연구개발 성과에 대한 실용화를 이룰 수 있다. 본 과제의 주요 목적은 다음과 같다.

1) 일반 및 고속철도 적용을 위한 요구사항 정의
2) 정부부처 등 관계기관과의 협의를 통한 열차제어시스템 표준사양 확정
3) 열차제어시스템 안전성 평가(지상차상관제통합신호시스템 SIL4 인증 획득)
4) 연구결과(열차제어시스템 및 철도전용 무선통신망)의 실용화를 위한 시범노선 선정
5) 연구결과(열차제어시스템 및 철도전용 무선통신망) 활용계획 수립
6) 한국형 열차제어시스템(KRTCS-2(일반·고속철도))의 GA(General Application) SIL4인증 획득
7) 열차제어시스템 상호(혼용)운영을 위한 요구사항 분석
8) 열차제어시스템 상호(혼용)운영 표준체계 구축 지원
9) 철도신호, 통신시스템의 국산화 및 일원화를 통한 철도운영 효율성 강화 및 국내 철도신호 통신사업 육성
10) 시스템 도입에 따른 경제성 평가를 통한 사업성 확보
   - 일반, 고속철도 단계적 적용에 따른 경제성 분석

2. 연구개발의 필요성

유라시아 이니셔티브 실현을 위한 SRX(Silk Road eXpress) 구현 및 이를 대비하여 국내는 물론 국제적으로 상호운영이 가능한 열차제어시스템을 준비할 필요성이 증대되고 있다. 유럽 철도는 Shift2Rail 프로젝트의 일환으로 일반철도와 도시철도 간 상호운영을 위한 열차제어시스템인 NGTC(New Generation Train control) 프로젝트를 진행 중에 있다. 이에 따라 선진국 열차제어시스템 기술수준 도달 및 기술선도를 위한 연구개발 필요성이 증대되고 있는 현실이다.

이러한 국내외 여건에 따라 일반 및 고속철도가 같은 선로를 운영해야 하는 등 두 시스템에 대한 융합의 필요성이 증대되고 컴퓨터기술, 소프트웨어기술 및 통신기술을 적용한 신호시스템이 개발되면서 신호설비는 선로용량의 증대 및 열차운전 업무의 자동화를 담당하는 핵심설비로 자리를 잡고 있다. 철도신호설비를 구성하는 하드웨어의 장애, 소프트웨어에 포함되어 있는 시스템설계 오류 또는 운전요원의 인적인 오류 등은 시스템의 안전과 관련되어 있는 장치 또는 시스템의 장애를 유발하여 사람의 사상사고, 시설물 파손 등을 발생시킬 수 있다. 이러한 위험 또는 사고의 발생을 차단하거나 감소시키기 위한 방법으로 안전기능 및 SIL(Safety Integrity Level) 인증을 취득하여 이를 명확히 하고 관리하여야 한다.

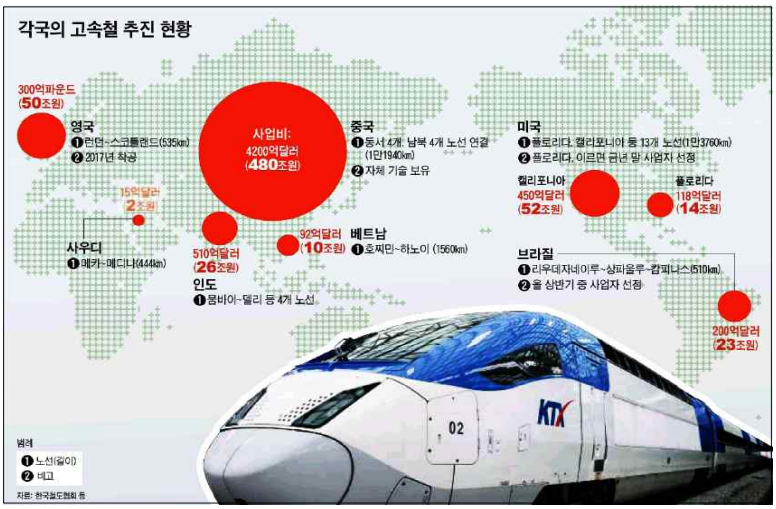
일반 및 고속철도용으로 개발된 열차제어시스템을 향후 현장 적용 시 기존 열차제어시스템과 혼용 운영될 수 있으며, 서로 다른 열차제어시스템 간 상호(혼용)운영은 기존선 개량시 신·구 시스템이 혼용운영, 운영사 또는 공급사가 다른 노선간의 연계운행을 위해 필요로 하게 된다.

이때 열차제어시스템 간 상호(혼용)운영을 위한 요구사항 정립이 필요하다.

가. 경제·산업적 측면

해외철도시장도 연간 약 170조 원, 성장률은 매년 약 4~6% 수준으로 예상되며(ERA, G해외철도시장 성장률 조사 분석, 2015), 석유에너지 위기를 대비한 철도건설투자가 증대할 것으로 분석되고 있다. 또한 최근 들어와서 브라질, 미국, 아시아 및 중동지역에서도 고속철도 건설을 추진하고 있으며, 이러한 고속철도 건설을 추진하는 것은 저탄소·친환경 교통수단이지만 고속철 건설 시 경기부양과 그 파급효과가 크기 때문이며, 세계 고속철도 시장규모가 향후 10년간 1,140조 원의 규모에 이를 것으로 전망하고 있다.

유럽 국가 간 열차운행 시 다양한 신호시스템의 상호운용성 확보를 위해 개발된 유럽열차제어시스템(ERTMS/ETCS)는 우리나라는 물론, 중국, 인도, 사우디아라비아, 알제리, 멕시코, 호주 등 전 세계 철도의 대표적인 신호시스템으로 확대 · 적용되고 있다. 본 연구는 일반 및 고속철도에 운영할 수 있고 국내의 운영환경에 적합한 열차제어시스템의 국산화 기술개발을 통하여 국내 열차제어시스템 기술자립 및 해외 시장 수출 기반을 마련하고자 한다.



[그림 1-2] 세계 여러 국가의 고속철도 건설 추진 현황

기존의 열차제어시스템은 전체 철도 건설비에서 차지하는 규모가 3.3% 수준에 불과했지만, 무선통신기반 열차제어시스템이 차지하는 비율은 최소 6.2%에서 최대 9.4%로 급격히 증가함으로써 철도분야에서 열차제어시스템의 비중이 점진적으로 증가하는 추세에 있다. 이러한 현상은 열차제어시스템이 철도에서 차지하는 비중은 자동화 수준, 무선통신기술 접목, IT기술 활용에 의해서 결정되기 때문인 것으로 분석되며, 향후에 이러한 기술이 차지하는 비율은 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 이러한 현상은 열차제어시스템으로 인한 국내 철도산업을 고도화하고, 국내 S/W산업, IT산업, 시스템엔지니어링 등 관련 분야의 기술을 선도하게 할 수 있을 뿐만 아니라 경제적 기술적 파급효과를 극대화할 수 있을 것으로 기대된다.

일반철도 구간은 VHF 시스템을 통해 단순 음성통화만 실시하고 데이터 통신이 불가능하며, 특히 음영지역이 전국에 산재해 있기 때문에 통신장애가 지속적으로 발생하고 있다. 고속철도 구간은 2004년 경부고속선 도입과 함께 TRS와 VHF가 혼용되어 운용되고 있다. 특히 고속철도는 무선통신방식으로 VHF, TRS-ASTRO, TRS-TETRA 3개가 운영 중으로서 실제 관제요원, 열차운전자,

현장 유지보수 요원간 정보전달이 어려워 일부 문제점이 발생하고 있다. 상이한 철도 무선통신 시스템 간 연동 불능, 상용망과 기존 철도 무선통신시스템과의 주파수 간섭 및 혼신 등에 따른 열차안전운행에 위험이 존재하고 있다. 이에 따라 국가철도 운영시스템의 혁신적인 안전성 강화 방안 마련이 요구되고 있으며 미래 철도의 안전 확보 및 수송 효율성 향상을 위한 국가 철도 전용 통합무선망 구축 요구가 크게 증대되고 있다.



철도	노 선		VHF	[illegible]	TRS-TETRA
고속철도	경부고속선	서울~광명	○		
		광명~대전		○	
		대전도심	○		
		대전~동대구		○	
		동대구도심	○		
		동대구~부산			○
	호남고속선(오송~광주)				○
	수서평택고속선(수서~평택)				○
일반철도(화물)	경부선(서울~부산)		○		
	호남선(서대전~목포)		○		
	경춘·중앙·경전·전라선		○		
도시철도	서울, 대전, 대구, 부산, 광주, 인천		○		○

[그림 1-3] 국내 철도용 무선통신시스템 운용현황

나. 사회·문화적 측면

최근 고유가, 기후변화협약 등 각종 사회적 이슈가 세계적으로 부각되면서, 교통부문의 대응 논리 개발도 급격하게 부각되고 있다. 이러한 맥락에서 볼 때 철도는 도로 교통수단에 비해 화물수송 기준으로 에너지 효율성은 14배 이상 높으며, CO2배출량은 8%수준에 불과해 고에너지 효율·저탄소 교통수단으로서 부상되고 있어, 향후 국가비전으로 제시한 저탄소 녹색성장의 주 교통수단으로 기대된다. 또한, 국가 온실가스 감축목표가 향후 2020년까지 30%인 점을 감안한다면 철도는 물류분야에서 선도적인 역할을 할 것으로 기대된다. 특히 열차제어시스템은 컴퓨터기술, 소프트웨어기술 및 무선통신기술 등을 적용하여 높은 성능과 효율성을 확보하고 있으나, 열차운행의 안전성을 보장하는 필수설비이기 때문에 유럽은 Railway Safety Directive 등을 통해서 Vital Technology와 시스템에 대한 안전성 보장을 위한 조치를 정책적으로 요구하고 있다. 국내에서도 철도안전법을 토대로 안전성 확보를 위한 조치에 필요한 각종 법제도적 기준과 장치 등을 강화하고 철도 선진국의 수준에 부합하도록 철도정책을 추진하고 있는 것을 볼 때, 안전성과 신뢰성 기반의 열차제어시스템 개발 및 상용화는 미래의 철도 선진국 진입과 교통부문의 성장에 지대하게 기여할 것으로 기대된다.

다. 정부지원의 필요성

2010년 국토교통부에서 수립한 '열차신호시스템 표준화 방안', '지능형 철도시스템 구축 방안'에 따라 2010년 12월 시작된 '도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가 ' 와 '차세대고속철도 열차제어(ETCS-L2) 핵심기술 개발' 과제를 통하여 철도환경에 적합한 무선통신기술 및 열차제어기술에 대하여 국내는 물론 해외에서 적용할 수 있는 다양한 철도운영조건에 부합할 수 있는 열차제어기술을 모두 확보할 수 있는 시기가 가시화 되고 있다. 이에 따라 개발된 기술들을 통합하여 국내 시장을 보호하고, 해외 시장에도 진출하여 국부를 창출할 수 있도록 최종적인 성과를 이룰 수 있도록 정부의 정책적인 지원이

절실히 요구되는 시기이다. 본 과제의 성공적인 완수를 위하여 시범노선 선정과 사업화를 통하여 그 동안 연구되었던 모든 성과를 총망라하여 최종적인 결과에 이를 수 있도록 지원이 필요하다.

3. 연구개발 범위

본 연구는 한국형 무선통신기반 열차제어시스템 실용화를 위하여 분석, 정의, 제작, 평가의 4단계로 진행한다.



가. 1세부

연차	연구목표	주요연구내용
1차 년도	무선통신기반 열차제어시스템 기술사양 및 실용화	- 월간 공정회의 ・각종 공정회의 개최 건수 - 연구 성과 확산 ・발표회 개최 및 홍보 건수 - 일반·고속철도용 무선기반 열차제어시스템 정의 ・요구사항 분석 ・ATP 제작사 선정 절차 추진 - 열차제어시스템 표준사양(안) 수립 ・요구사항 분석 및 상세계획 작성 ・워킹그룹 구성 절차 추진 ・표준화 목표, 대상, 범위 선정 ・국외 사례 조사 분석 ・하부시스템 요구사항 분석 ・공청회 세미나 개최

		- 연구 성과 활용계획 · 활용방안 기본계획 수립 - 연구 성과 활용 가능노선 조사 분석 · 국내외 현황 분석 - 시범노선 구축계획 · 국내 노선별 기본조사
	기존 신호시스템 상호(혼용)운영 현황 조사 및 분석	- 기존 신호시스템 상호(혼용)운영 현황 조사 · 고속철도, 일반철도, 도시철도 현황조사 - 국외철도 상호(혼용)운영 현황 조사 · 국외철도 현황조사 · 국외철도 상호(혼용)운영 사례조사
2차 년도	무선통신기반 열차제어시스템 기술사양 및 실용화	- 목표관리 · 각종 공정회의 개최건수 - 연구 성과 확산 · 발표회 개최 및 홍보물 제작 - 일반·고속철도용 무선기반 열차제어시스템 정의 · 철도운영기관의 니즈 분석 · 최신 기술동향 분석을 통한 요구사항 분석 수행 · 해외 기술동향 및 운영현황 파악 - 열차제어시스템 표준사양 수립을 위한 개발사양(안) 마련 · 요구사항 분석 및 상세계획 작성 · 워킹그룹 구성 · 표준화 목표, 분석 및 상세계획 작성 · 국외 사례 조사 분석 · 하부시스템 요구사항 분석 · 공청회 세미나 개최 - 연구 성과 활용계획 · 활용방안 상세계획 수립 - 연구 성과 활용 가능노선 조사 분석 · 중장기 계획 조사 분석 - 시범노선 구축계획 · 국내 노선별 기본조사 시행 · 적용 노선 상세계획 수립
	열차제어시스템 상호(혼용)운영 현황조사 및 기술분석	- 국외 ETCS 및 CBTC 상호(혼용)운영 사례분석 · 상호(혼용)운영 사례분석 · 상호(혼용)운영 유형분석 - 열차제어시스템 연결선 구간 안전 확보방안 연구 · 이종시스템간 연결선 안전확보 방안 사례분석
3차 년도	무선통신기반 열차제어시스템 기술사양 및 실용화	- 일반·고속철도용 무선기반 열차제어시스템 정의 · 기능 요구사항 정의 · 성능 요구사항 정의 - 열차제어시스템 표준사양 수립(안) 수립 · 워킹그룹 운영 · 법제화 지원 · 표준사양(안) 수립 - 연구 성과 활용 기본노선 조사 분석 · 노선별 상세분석 결과

	열차제어시스템 상호(혼용)운영에 따른 운영방안 연구(1)	- ETCS, CBTC 기능 요구사항 비교분석(1) · ETCS 시스템 설치현황 조사 · 유럽 NGTC 프로젝트 보고서 분석 - 열차제어시스템 표준사양 작성 지원(레벨전환 절차연구) · 레벨전환 관련 유럽표준 분석 : Sebet-035 v310(STM FFFIS) · 레벨전환 사례분석 - 안전설비 적용방안 검토 · 국내 고속철도 안전설비 적용방안 검토
4차 년도	무선통신기반 열차제어시스템 기술사양 및 실용화	- 열차제어시스템 표준사양 수립(안) 확정 · 표준사양 · 워킹그룹 운영 · 법제화 지원 - 열차제어시스템 실용화 종합계획 · 연구성과 활용계획
	열차제어시스템 상호(혼용)운영에 따른 운영방안연구(2)	- ETCS, CBTC 기능요구사항 비교분석(2) · 유럽 NGTC 프로젝트 최종결과물 분석 - 열차제어시스템 표준사양 작성 지원(운영방안연구) · The ERTMS/ETCS signalling system 분석 · 운영에 필요한 요구사항 도출

나. 2세부

연 차	연구목표	주요 연구내용
1차 년도	■ 열차제어시스템 요구사항 분석 ■ 열차제어시스템 표준규격 검토	- 국내외 사례 조사 분석 - 산·학·운영기관 요구사항 분석 - ETCS-L2 표준규격 검토
	■ 지상분야 시스템 요구사항 분석	- 국내외 사례 조사 분석 - 요구사항 및 설치조건 분석 - 표준규격 및 인터페이스사항 분석
	■ 지상 열차제어 인터페이스 및 품질 요구사항 분석	- EI(Electronic Interlocking)↔RBC(Radio Block Center) 간 인터페이스 요구사항 조사 및 분석 - 궤도회로설비-폐색장치 인터페이스 요구사항 분석 - 폐색장치-EI 인터페이스 요구사항 분석 - 안전전송모듈↔무선모듈과의 인터페이스 요구사항 분석 - 안전전송모듈 QoS(Quality of Service) 기술조사 및 품질 개선
	■ 지상-차상 열차제어 통합시험실 구축안 수립	- ERTMS/ETCS 상호운영성 규정(TSI : Technical Specifications for Interoperability) 요구사항 분석 - 통합시험실 검증장비 요구사항 분석 및 구축안 수립
	■ CTC-RBC 간 인터페이스 요구사항분석	- 무선 통신 기반 열차제어 시스템 요구사항 분석, 수집 및 정의 - CTC-RBC간 인터페이스 표준화 방안 수립
	■ CTC설비 요구사항분석	- CTC 설비 요구사항 분석, 수집 및 정의 - 인프라 범위 및 대상 정의
2차 년도	■ 열차제어시스템 개발사양 정의 ■ 종합시험 계획 수립(조사)	- 시스템 단위 개발사양 작성 - 구성부품 단위 개발사양 작성 - I/F 표준사양 검토 및 정의서 작성 - QoS 사양 검토 및 초안 정의서 작성 - 종합시험 선구, 인력 등 조사
	■ 지상분야 장치별 설치기준 분석	- 시스템 단위 설치기준 기본설계 - 개발사양과 인터페이스 분석 - 표준사양 및 정의서와 인터페이스
	■ 지상-차상 열차제어 인터페이스 개발 사양 정의	- EI-RBC 인터페이스 개발 사양 정의 - 궤도회로설비-폐색장치 인터페이스 개발 사양 정의 - 폐색장치-EI 인터페이스 개발 사양 정의 - 안전전송모듈↔무선모듈과의 인터페이스 개발 사양 정의

	■ 지상-차상 열차제어 인터페이스 구축안 수립 및 준비	- 호남고속선 시범노선 구간 현장 조사 - 시험선(폐색구간, 역구내)설계 및 구축 - 발리스 검증장비 구축안 수립 및 검증데이터 설계 - 설치개소/시험열차 별 장비 보완제작 및 점검
	■ 차상 열차제어 인프라 구축안 수립 지원	- 1편성 차상 열차제어 인프라 설계 및 시험열차 개조 지원 -차상데이터 분석 계획 수립
	■ 현장 투입 장비 간 상호호환성 구축 및 시험 준비(통합시험실)	- 통합시험실 및 검증대상 장비 인터페이스 구축 - 지상-차상 상호호환성 시험 지원 - 상호호환성 시험 성능평가 준비
	■ CTC-RBC 간 인터페이스 방안 연구	- CTC-RBC간 인터페이스 표준 사양 초안 정의
	■ 시험 인프라용 CTC 설계 및 구축	- 관제 및 인터페이스 인프라 설계 - 무선 통신망 연동 인터페이스 검증 장비 구축
	■ 시험 열차 선정	- 시험열차 선정 - 시험 열차 개조/복구 계획 및 방안 수립 - 현차시험 검증 장비 구축 계획 수립 및 구축
3차 년도	■ 열차제어시스템 개발사양 정의(보완) ■ 종합시험평가 계획 수립 ■ 종합시험 및 시운전	- 시스템 개발사양 보완 - I/F 정의서 및 QoS 정의서 보완 - 시작품 제작(참여기업) - 성능평가 조직 및 일정 점검 - 요구조건 분석 및 정의 - 하부시스템 별 시험항목 정의 - 실험실에서 시작품 기능시험
	■ 지상분야 설치기준 사양(보완) ■ 시작품 제작 지원 ■ 실차시험 검증	- 시스템 개발사양 보완 - I/F 정의서 보완 - 시작품 제작 지원 - 요구조건 분석 및 정의 - 하부시스템 별 시험항목 정의 - 실험실에서 시작품 기능시험 검증
	■ 지상-차상 열차제어 인터페이스 설비 구축 및 성능시험 지원 (호남고속선)	- EI-RBC 인터페이스 설비 구축 - 궤도회로설비-폐색장치 인터페이스 설비 구축 - 폐색장치-EI 인터페이스 설비 구축 - 안전전송모듈↔무선모듈과의 인터페이스 구축 - 지상ATP장치 성능시험 및 결과분석 지원
	■ 차상 열차제어 인프라 설비 구축 및 성능시험 지원 (호남고속선)	- 1편성 시험열차 운영 지원 - 발리스 검증장비 구축 및 시험결과 분석 지원 - 차상ATP장치 성능시험 및 결과분석 지원
	■ 지상-차상 열차제어 인터페이스 구축안 수립 및 준비(원주-강릉선)	- 호남고속선 시범노선 구간 현장 조사 - 시험선(폐색구간, 역구내) 설계 및 구축 - 발리스 검증장비 구축안 수립 및 검증 데이터 설계 - 설치개소/시험열차 별 장비 보완제작 및 점검

	■ 차상 열차제어 인프라 구축안 수립 지원 (원주-강릉선)	- 1편성 차상 열차제어 인프라 설계 및 시험열차 개조 지원 - 차상데이터 분석 계획 수립
	■ 현장투입 장비 간 상호호환성 시험 및 운영 (통합시험실)	- 검증대상 장비 구축 및 지상-차상 상호호환성 시험 지원(시험일지 작성 지원) - 상호호환성 시험 성능평가 결과 분석 및 성능 보완 지원
	■ 통합 시험실 시험운영	- 시험 운영 결과 분석 - 성능 개선 지원 - 시험 운영을 통한 CTC-RBC간 인터페이스 표준 사양 개선
		- 관제설비 인터페이스 인프라 구축 - 통합 시험실 운영 지원
	■ 차량 개조(호남고속선)	- 차량 개조 - 현차시험 검증장비 구축 - 시험 운영 - 개조 차량 유지보수
4차 년도	■ 시스템 개발사양 정의(보완) ■ 종합시험 및 시운전	- 시스템 개발사양 보완 - I/F 정의서 및 QoS 정의서 보완 - 장비 종합시운전 점검 - 계측 및 성능시험 분석 - 실험실에서 시작품 기능시험 - 공인기관 시험
	■ 시스템 개발사양 정의(보완) ■ 실차시험 검증 ■ 설치기준 수립	- 시스템 개발사양 보완 - I/F 정의서 및 QoS 정의서 보완 - 장비 종합시운전 지원 - 계측 및 성능시험 분석 지원 - 실차시험을 통한 검증 - 설치기준(안) 수립
	■ 현장시험 결과를 반영한 지상-차상 열차제어 인터페이스 표준 사양(안) 기준 수립	- EI-RBC 인터페이스 표준 사양(안) 기준 수립 - 궤도회로설비-폐색장치 인터페이스 표준 사양(안) 기준 수립 - 폐색장치-EI 인터페이스 표준 사양(안) 기준 수립 - 안전전송모듈↔무선모듈과의 인터페이스 표준 사양(안) 기준 수립
	■ 지상-차상 열차제어 인터페이스 설비 구축 및 성능시험 지원(원주-강릉선)	- EI-RBC 인터페이스 설비 구축 - 궤도회로설비-폐색장치 인터페이스 설비 구축 - 폐색장치-EI 인터페이스 설비 구축 - 안전전송모듈↔무선모듈과의 인터페이스 구축 - 기준용 발리스 구축 - 지상RBC 성능시험 및 결과분석 지원
	■ 차상 열차제어 인프라 설비 구축 및 성능시험 지원 (원주-강릉선)	- 1편성 시험열차 운영 지원 및 원상복구 (호남고속선 시험열차 포함) - 발리스 검증장비 구축 및 시험결과 분석 지원

		- KVC 성능시험 및 결과분석 지원
	■ 장비 간 상호호환성 시험 및 인증 지원 (통합시험실)	- 검증대상 장비 구축 및 지상-차상 상호호환성 시험 지원(시험일지 작성 지원) - 상호호환성 시험 결과 분석 및 성능 보완 지원 - 시험인증서 취득 지원
	■ 시험 검증 및 인증	- 시험검증 결과 분석 및 보완 지원 - CTC-RBC간 인터페이스 최종 표준 사양 정의
		- 통합 시험실 운영지원
	■ 시험 검증 및 인증	- 시험 검증 - 개조 차량 유지보수 - 개조 차량 복구

다. 3세부

단계(연차)	연구목표	연구내용
1차 년도	■철도전용 통합무선망 표준 연구	■LTE 통신 성능 분석 -고속주행환경에서의 성능 시뮬레이션 및 분석 -LTE 기반 철도무선통신 파라미터 개발 ■국내외 표준화 계획수립 -국외 기술개발 및 표준화현황 분석(UIC, 3GPP, 등) -철도 서비스 요구사항 및 국내 표준화(TTA)
2차 년도	■철도전용 통합무선망 표준 연구	■통신규격 표준개발 - 고속주행환경에서의 성능 분석 - 350km/h 무선통신규격 표준 개발 ■국내외 표준화 활동 - 철도용 LTE 통신 기능 및 절차 표준화 (TTA) - 국내외 표준화 기관 참여 및 활동 ■철도전용 주파수 활용 방안 마련 - 철도용 주파수 활용 계획 수립 - 국내 주파수 연구기관(RAPA)과 협력 추진
3차 년도	■철도전용 통합무선망 표준 연구	■통신규격 표준개발 - 고속주행환경에서의 성능 시험 분석 - 350km/h 무선통신규격 표준 개발 ■국내외 표준화 활동 - 철도용 LTE 통신 기능 및 절차 표준화 (TTA) - 국내외 표준화 기관 참여 및 활동
4차 년도	■철도전용 통합무선망 표준 연구	■통신시스템표준 개발 -실용화 무선통신시스템의 구조 및 기능 검증 -차상장치 및 통신 인프라 규격 개발 ■국내외 표준화 활동 -LTE 기반 무선통신표준의 국제 표준화(3GPP 등) -국내외 표준화 기관 참여 및 활동(TTA, UIC 등)

라. 4세부

연차	연구목표	주요연구내용
2차년도	■ LTE-R 지상인프라 요구조건 정의 및 설계 ■ LTE-R 지상인프라 구축 ■ 일반/고속철도 LTE-R 통신신뢰성 및 환경시험 (250km/h급)	- 지상인프라 기능요구조건 연구 및 정의 - 현장조사 및 장비 설치 방안, 구축계획 수립 - 테스트베드 구축(정읍시험센터 및 익산~정읍 고속시험선 구간 28km, 노령터널 6.3km) - 250km/h 고속이동시 무선 통신 신뢰성 시험 계획 수립 및 성능 검증
	■ 250km/h 고속환경에서 TTA 표준을 만족하는 LTE-R 기능 및 성능평가	- 철도전용 무선통신망 지상인프라 기능 및 성능시험 계획 수립 및 결과 분석
	■ 상호연동시스템 요구사항 분석 및 기술조사 ■ 상호연동시스템 설계 ■ 시제품(구성품) 개발 ■ 시제품(구성품) 구성 시험 및 평가	- 국내외 기술개발 현황 조사 - 요구사항 분석 및 동향 조사 - 기능 정의 및 개념설계, 기본설계 및 상세설계 - 상호연동장치 개발 - 시작품 현장설치 (정읍시험센터, 광명열차무선제어센터, 구로철도교통관제센터) - 시험계획 수립 - 성능시험 및 보완
	■ LTE-R QoS 요구사항 정의 ■ LTE-R 코어망(EPC)에서의 QoS제어시스템 개발 및 구축	- 요구사항 수집 - 시작품 제작 - 250Km/h급 성능시험 - 시제품 제작
	■ 철도전용 무선통신 전용 단말기 설계 및 개발 ■ 단말 안정화 확보 ■ 휴대단말기 단말 성능 확보	- 단말 요구사항 분석 및 기능 설계 - VOLTE 표준 Spec 설계 - 철도전용 무선통신전용 단말기 개발 - 단말 성능 확보 - 기능 구현 및 Engineer Unit Test 진행 - Engineer Field Test 및 연동 Test 진행 - 음성 수/발신 신뢰성 확보 - 음질/ 음량 신뢰성 확보 - 방수/방진 신뢰성 확보
	■ 차상단말기 개념설계 및 핵심기술 정의 ■ 차상단말기 핵심기술 개발 및 구현	- 차상단말기 요구사항 수집/분석 - 차상단말기 개념설계 및 표준API분석 - 음성통화 S/W 분석 및 인터페이스 방안 - 우선순위관리 S/W 분석 및 인터페이스 방안 - 차량제어 기능 분석 및 인터페이스 - 운전실 설치를 위한 장착방안 연구 - 차량용 통합안테나 장착방안 연구 - 차상단말기 LTE 무선 이중화 방안 연구 - 열차방호기능 연동을 위한 인터페이스 - PS-LTE 표준화 참여 및 기술반영 검토 - 차량위치측위 알고리즘 연구

연차	연구목표	주요연구내용
		- 차상단말기 운용 S/W 기본설계 및 환경 설정 - H/W 개발부분 ·차상단말기 요구사항 정의 및 부품정의 ·차상단말기 운용조작반 PCB Artwork 및 제작 ·차상단말기 LTE-R 무선통신장치 PCB Artwork 및 제작 ·차량제어인터페이스장치 PCB Artwork 및 제작 ·LTE RF Modem PCB Artwork 및 제작 ·차량용 통합안테나 PCB 제작 - S/W 개발부분 ·음성통화 S/W 개발 ·우선순위관리 S/W 개발 ·Rail Application S/W 개발 ·기본환경 설정 및 통합화면 UI 설계 및 개발 ·차량위치측위 알고리즘 개발
	■ 철도전용 무선통신망 차상인프라 기능 평가	- 기술요구사항 조사·분석·정의 - 개발품 시스템엔지니어링 - 차상인프라 기능시험 절차 수립 - 차상인프라 현차시험
3차년도	■ 철도전용 무선통신망 차상인프라 성능평가 ■ 열차제어 연동방안 연구	- 300~350km/h 차상인프라 시험계획 수립 - 300~350km/h 차상인프라 성능평가 - 통신-신호간 상호요구사항 검토 및 인터페이스 항목 수립 - 열차제어시스템과의 통합시험(통신분야)
	■ LTE-R 시험망 설계기준 수립 및 지상인프라 성능평가	- LTE-R 설계기준안 마련 - 300~350km/h 지상인프라 성능평가
	■ 일반/고속철도 LTE-R 통신신뢰성 및 환경시험(300km/h급) ■ LTE-R 열차제어 연동 지상인프라 망 설계 및 시험 계획 수립	- 기후환경별 지상인프라 성능검증 시험 - 안테나 높이에 따른 커버리지 시험 - VoLTE 기반 PTT 기능 검증 시험 - 300km/h 이상 고속이동시 지상인프라 성능검증 시험 - KRTCS와 LTE-R 연동을 위한 망 설계 및 시험 계획 수립
	■ 상호연동시스템 시제품(개발품) 개발 /특허출원 ■ 상호연동시스템 시제품(개발품) 시험 및 평가 ■ 유사 현장 테스트 및 보완	- 논문 / 특허출원 - 환경시험 및 신뢰성 시험 - 인터페이스 성능확인 - 시스템 장치선정 및 시제품(개발품) 제작 - 시제품(개발품) 시험 계획 수립 - 시제품(개발품) 성능평가 및 문제점 보완 - 기능/품질 적합성 검증 - 시스템간 인터페이스 기술 승인 - 초기 현차 시험 및 문제점 분석 - 시스템 성능개선 및 안정화 연구 - 현차운행 시험절차서 작성
	■ 철도전용 무선통신망의 효율적 운용을 위한 QoS제어시스템 개발	- 시제품 시험계획 수립 - 시제품 자체시험 및 보완 - 연동시험 계획 / 절차 수립

연차	연구목표	주요연구내용
		- 인터페이스 정합 시험 - PCRF 정의 및 기능시험 - 현차시험을 통한 실증시험 계획 / 절차 수립 - QoS 분석서버 및 분석 앱 제작
	■ LTE-R 휴대단말기 기능 및 성능시험	- 전용 휴대단말기 신뢰성 시험 - 전용 휴대단말기 통신시험 - 기능구현 및 Unit Test
	■ 차상단말기 시제품제작 및 내부시험	- 차상단말기 제작 ·운용조작반 기구설계 및 제작 ·LTE-R 제어기 기구설계 및 제작 ·차량제어 인터페이스장치 기구설계 및 제작 - 차량용 통합안테나 제작 ·차량용 통합안테나 기구설계 및 제작 - 현장적용을 위한 내부시험 ·지상기지국 연동 기능 및 성능시험 ·차상단말기 간 연동 기능 및 성능시험 ·통화 연동시험 ·운용조작반 S/W 기능 시험 - 시제품 내부 보완 ·운용조작반 S/W 보완
4차년도	■ 350km/h 차상인프라 성능시험 및 평가 ■ 공사규격제정(차상분야) ■ 철도표준규격(KRS)제정(안) 지원	- 350km/h속도에서 차상인프라 기능 및 성능평가 공인시험성적서 획득 - 차상인프라 철도용품 공사규격서(KRCS) 제정 지원 - KRS 제정(안) 지원
	■ 350km/h 지상인프라 성능시험 및 평가 ■ 설계기준(지침 및 편람) 개정 ■ 철도표준규격(KRS)제정(안) 지원	- 350km/h속도에서 지상인프라 기능 및 성능평가 공인 시험성적서 획득 - 국가설계기준(안) 수립 - 철도설계지침 및 편람 개정(안) 수립 - 차상/휴대단말기KRS 제정 지원
	■ 350km/h 속도에서 시험망 기능 및 성능시험	- 350km/h 고속이동시 지상인프라 성능검증 - 시험망 현장 유지관리 - 시험선 지상인프라 원상복구 계획 수립
	■ 상호연동시스템 최종시험	- 현차 종합시험 속도 대역별 통신 신뢰성 시험 - 상호연동 기술 승인 - 열차무선 차상장치 기술 승인
	■ 열차제어시스템과 무선통신시스템 인터페이스 시험 ■ QoS제어시스템 기능 및 성능시험	- 기능시험 시행 - 열차제어시스템과 연동시험(현차시험) 지원
	■ 휴대단말 KC인증 ■ 휴대단말의 350㎞/h 운행속도에서 통신 성능시험(MC-PTT 통화 등) ■ 휴대단말에 UHD 간섭제거필터 인터페이스 설계, 검증 및 시제품 제작	- KC 인증의뢰 및 인증서 취득 - 350㎞/h 속도에서 통신성능시험 및 철도표준규격(KRS) 제정 지원 - 휴대단말기 통화시험 및 기능검증 - 공공망 주파수 인근 UHD방송에 의한 간섭제거용 필터 인터페이스 회로설계

연차	연구목표	주요연구내용
		- 필터적용 간섭제거 성능검증 - 시제품 제작
	■ 차상단말기 성능평가 및 현장 적용 시험	- 시제품 성능평가 및 신뢰성 검사 ·차상단말기 성능시험 및 신뢰성 시험 ·차상단말기 기능시험 ·차량제어 인터페이스 기능시험 ·열차속도에 따른 음성 및 데이터 시험(1~4단계) - 현장적용 시험 및 문제점 보완

제2장. 국내 · 외 기술 개발 현황

1. 국내 기술개발 현황

가. 열차제어시스템

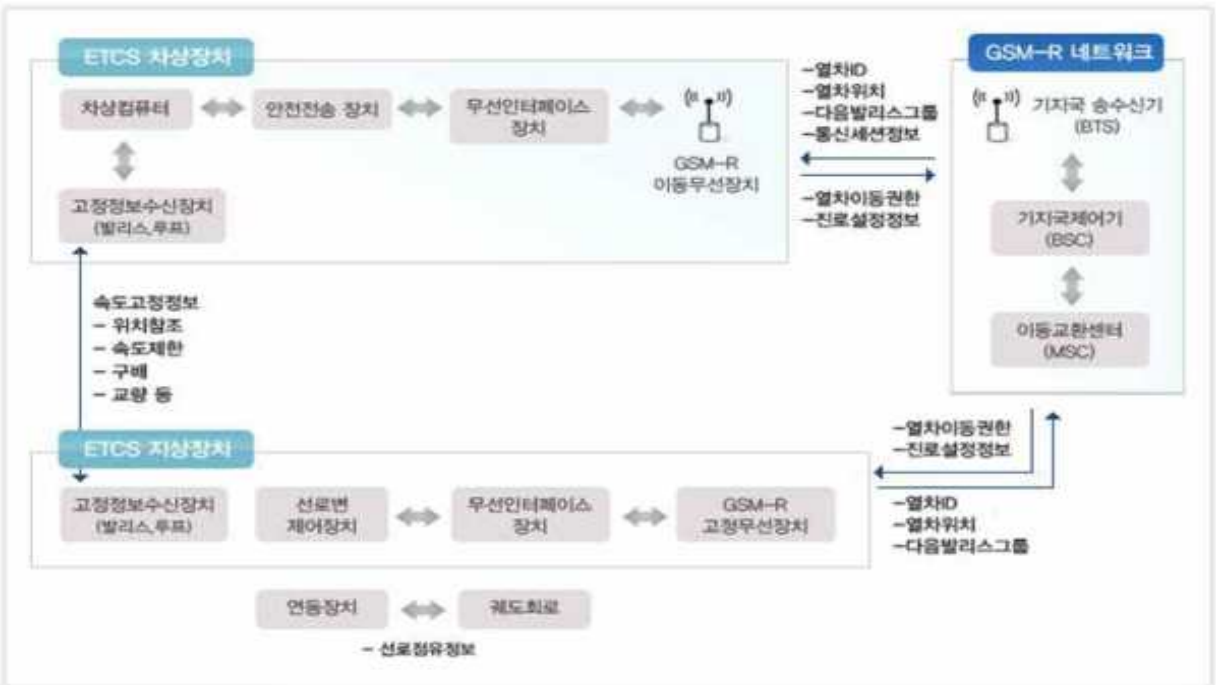
1) 400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 및 기술개발

국가연구개발사업중 “400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발”의 연구내용인 ETCS level 2 지상장치 핵심기술(RBC 및 안전정보전송장치)과제 내용은 다음과 같다.

- 사업기간 : 2010.12 ~ 2014.10(3년 10개월)
- 주관연구기관 : 한국철도기술연구원
- 협동연구기관 : 한국철도공사(열차제어시스템)외 3개 기관
- 연구목표
  · 고속철도 인프라시스템 핵심원천기술개발을 통한 세계적 기술선도
  · 호남고속철도 시범적용하여 성능검증 및 실용화
  · ETCS level 2 지상장치 핵심기술(RBC 및 안전정보전송장치) 개발

[표 2-1] ETCS Level 2 지상장치 핵심기술 연구내용

연구목표	연구내용	비 고
ETCS L2 신호시스템 개발	· 열차제어시스템 엔지니어링기술 개발	
	· ETCS L2 열차제어 지상장치 핵심기술 개발 : ETCS L2 안전정보전송장치 개발 : RBC장치 개발	
유럽표준 고속철도 열차제어 핵심기술 확보	· 유럽표준 열차제어 상호운영성 엔지니어링 및 RAMS활동	
	· 유럽표준 고속철도 열차제어 지상ATP기술 개발	
	· 유럽표준 고속철도 열차제어 차상핵심기술개발	
	· 유럽표준 고속철도 열차제어 지상핵심장치 시험기술 개발	



[그림 2-1] ETCS L2 열차제어시스템 구성도

2) 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가

2014.7월 종료된 “도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가”의 연구내용인 지상/차상장치 핵심기술(ATP/ATO 등)를 본 사업과 연계하는 것을 고려하였다. 본 과제의 성공적인 완료로 전동차, 여객열차, 화물열차 혼용운행 노선에 개발된 기술을 접목하는 것이 필요하다 “도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가”과제 내용은 다음과 같다.

- 사업기간 : 2010.12 ~ 2014. 07(3년 7개월)
- 주관연구기관 : 한국철도기술연구원
- 협동연구기관 : 한국철도시설공단(인프라 구축 및 성능평가)외 3개 기관
- 연구목포

· 도시철도용 무선기반 열차제어시스템 핵심기술 개발

· 대불선 시험선 구축을 통한 성능검증

· ATP/ATO핵심장치에 대한 SIL 4 등급 획득

3) 열차제어시스템 기술 수준 분석

그동안 G7고속철도기술개발사업, 도시철도표준사업, 경량전철시스템개발사업, 자기부상철도기술개발사업, 도시철도용 무선기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가, 차세대고속철도 열차제어(ETCS-L2) 핵심기술 개발 등 국가의 연구개발사업을 수행하면서 관련 핵심기술과 시스템엔지니어링기술을 이미 충분히 확보하고 있다. 이러한 기술들을 철도관제설비, 전자연동장치 등 실제 일부 활용하고 있으나 ATP 등 핵심기술은 해외철도신호기업의 제품을 도입하거나 기술협력을 하고 있는 상황이다. 그러나 2010년이전까지는 신호통신시스템의 현대화와 국산화에 투자된 R&D비용은 매우 저조했던 게 사실이다. 국내 기업의 투자도 국내 내수시장의 협소에 따른 경제성 등의 현실적인 문제로 투자가 저조했다. 1995년 이후 국내에서 추진되었던 신호시스템 개발 또는 시스템 도입 타당성 연구와 관련하여 진행된 과제는 다양하며 그간 국내에서 수행된 철도관련 국가연구개발 사업현황은 다음과 같다.

[표 2-2] 일반 및 고속철도 신호/통신 국가연구개발사업 및 시범사업 현황

사업(과제)명	연구기간 (주관연구기관)	연구 내용 및 결과
고속철도 자동열차제어장치 기술개발	1999.10 ~ 2001.09 LS산전	-개발내용 : 고속철도용 자동열차제어장치 (AF궤도회로, 차상장치) 개발 -개발결과 : G7고속차량에 차상장치 설치 및 현장시험(오송기지) 완료
고속철도 열차제어시스템 안정화 기술개발	2002.12 ~ 2007.10 LS산전	-개발내용 : 열차제어시스템안정화 및 RAMS검증
차세대 고속철도 기술개발사업 (통합차상신호시스템개발)	2007.07 ~ 2013.07 LS산전	-개발내용 : 경부고속철도의 지상신호를 수신하여 처리하는 호환성을 갖는 차상신호장치 개발(ATS/ATC /ATP통합) : 최고시속 400[km/h]의 열차주행속도 제어 : 운전자 정보표시장치 개발

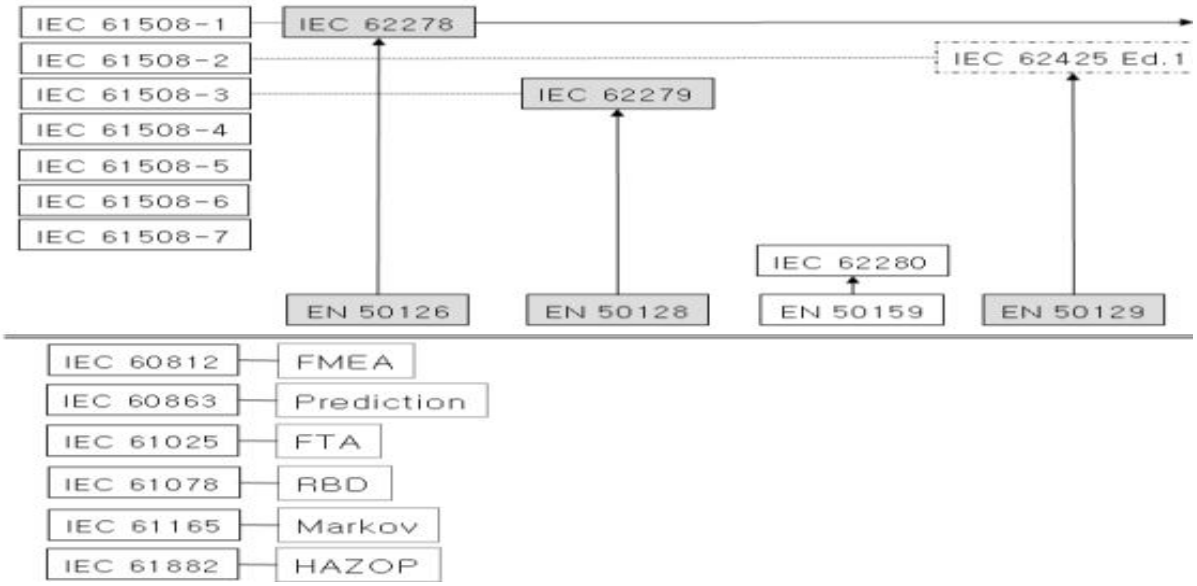
사업(과제)명	연구기간 (주관연구기관)	연구 내용 및 결과
도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가	2010.12 ~ 2014.07 철도연	-개발내용 : 150km/h급 철도무선통신망 및 열차제어시스템 개발(ATP/ATO) : 대불선 성능시험 : LTE-R 호남선(나주~일로) 성능시험
차세대 고속철도 열차제어(ETCS L2)핵심기술 개발	2010.12~2014.10 철도공사	-개발내용 : ETCS L2 지상/차상 ATP시스템 핵심기술개발 : 지상신호설비 I/F 및 안전전송 기술개발 : 유럽표준 상호호환성 검증 기술 및 통합시험설비 구축/시험

[표 2-3] 국내 일반·고속철도 열차제어기술 기술 수준 등급

시스템 분류			과 제 명	기술수준
1	2	3		
지상 설비	관제설비	관제컴퓨터, 콘솔, 대형표시반	구로통합사령실사업	9주2)
	ATS (자동열차정지장치)	지상장치	일반철도(100%국산화)	9
	ATP (자동열차보호장치)	무선통신장치 무전원지상자	ETCS L2(핵심기술 개발)	7주1)
		지상ATP컴퓨터	ETCS L2(핵심기술 개발)	7
	전자연동장치	연동논리장치	일반철도(KRS) 고속철도용 SSI국산화	9
차상 설비	ATS (자동열차정지장치)	차상장치, MMI	일반철도(100%국산화)	9
	ATP (자동열차보호장치)	차상ATP MMI(표시장치)	ATP사업 ETCS L2(핵심기술 개발)	7
		무선통신장치	ETCS L2(핵심기술 개발)	7

주1) 기술수준 7 - 실제 환경 또는 이와 근접한 환경에서 시작품의 성능검증
주2) 기술수준 9 - 실환경(영업노선)에서 시운전 및 평가

철도신호설비를 구성하는 하드웨어의 장애, 소프트웨어에 포함되어 있는 시스템설계 오류 또는 운전요원의 인적인 오류 등은 시스템의 안전과 관련되어 있는 장치 또는 시스템의 장애를 유발하여 사람의 사상사고, 시설물 파손 등을 발생시킬 수 있다. 이러한 위험 또는 사고의 발생을 차단하거나 감소시키기 위한 방법으로 안전기능 및 SIL(Safety Integrity Level)을 명확히 하고 이를 관리하여야 한다. 열차제어시스템의 안전성 관련 국제규격은 주로 유럽을 중심으로 진행되어 왔고, 최근 들어 IEC에 의해 국제규격화 되어가고 있다. 우리나라 및 일본의 관련 지침이 이들 규격을 바탕으로 하고 있다. 이들 규격은 안전성 활동 요구사항, 체계, 안전성 승인을 위한 기본조건 등을 나타내는 규격들과 여기에 제시된 각 단계별 안전성 활동의 수행을 위한 방법론들에 대한 규격들로 구분되어진다. 다음 그림은 이와 관련된 규격과 규격과의 상관관계를 나타낸 것이다.



[그림 2-2] 열차제어시스템 안전성 관련 규격(IEC KS C 62278)

나. 철도무선통신망 연구개발 현황

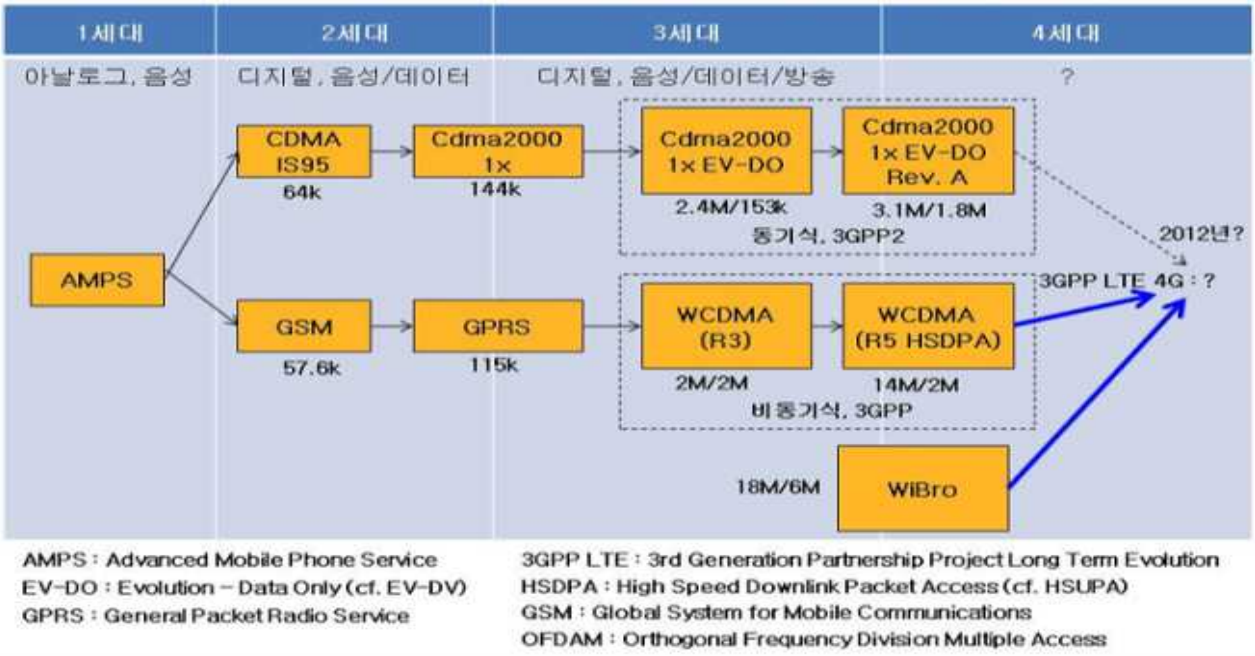
국내 철도무선통신 인프라는 다양한 기술방식이 부족한 상호연동 체계를 기반으로 구축되어 철도 안전 및 운행 효율성 등에 다양한 문제점을 발생시키고 있다.

첫째, 혼재된 철도무선통신 구축으로 인한 비효율적인 열차 운행이 야기된다. 특히 고속철도는 무선통신방식으로 VHF, TRS-ASTRO, TRS-TETRA 3개가 운영 중으로서 이로 인한 열차통신 방식 운영의 비효율성이 증가하고 있는 상황이다.

둘째, 대부분의 일반철도 노선에 적용되고 있는 VHF 철도무선통신은 철도 무선통신망 진화에 따라 지속적으로 투자해야 하는지에 대한 의문이 발생된다. 이와 같은 투자는 기술적합성, 진화적합성, 경제성 등의 다양한 측면에서 문제점을 발생시키며, 특히 향후 타 기술로 철도전용 무선통신망 구축 시 매몰비용 발생, 중복투자 발생 등의 이 부각될 가능성이 높다.

셋째, 현재의 해외 의존적인 통신설비에 대한 국산화 노력이 이루어질 필요가 있다. 국내 국산화 장비 비율은 주파수 공용통신 설비(0%), 열차무선설비(90%), 역무용통신설비(90%) 등으로 다양한 철도 무선통신망에 대한 기술을 가지고 있지만 실제 제어장비 및 통신설비에 대한 핵심 기술 및 설비는 대부분 국산화가 이루어지지 않아 정책적으로 개선이 요구된다. 이와 더불어 열차제어용으로 사용되는 무선통신방식은 2.4㎓ 대역 ISM(Industrial Scientific Medical)밴드의 IEEE 802.11.x 표준을 대부분 사용하고 있다. 이 대역은 별도의 허가가 필요 없는 소출력의 주파수대역으로 접근성이 용이하고 기존에 개발된 통신칩(무선LAN 등)을 활용하여 저비용으로 무선통신시스템을 구축할 수 있는 장점이 있다. 무선랜을 무선통신 솔루션으로 채택한 이유는 기존에 개발된 통신칩을 활용하여 저비용으로 무선통신시스템을 구축할 수 있는 장점 때문이다. 국내의 경우 열차제어를 제외한 일반 및 고속철도에서는 VHF와 TRS-ASTRO, TRS-TETRA방식으로 운영되고 있다.

국가재난망 구축에 따라 철도전용주파수도 LTE방식의 700MHz대역이 확정된 상황이며, 이러한 추세에 따라 철도환경에 적합한 요구사항을 반영되도록 하여야 한다.



[그림 2-3] 무선통신기술 발전 동향

1) 철도무선통신망 현황

국내 철도 안전 관련 무선통신 방식은 기존선, 고속선 구간 상이한 통신방식을 사용하여 비효율적으로 운용되고 있으며, 늘어나는 무선 데이터 전송량 추세에 적합하지 않는 통신 방식으로 이에 대한 대책이 필요하다. 일반철도 구간은 VHF 시스템을 통해 단순 음성통화만 실시하고 데이터 통신이 불가능하며, 특히 음영지역이 전국에 산재해 있기 때문에 통신장애가 지속적으로 발생하고 있다. 고속철도구간은 2004년 경부고속선 도입과 함께 TRS와 VHF가 혼용되어 운용되고 있다. 또한 경부고속선상의 운행 열차 위치에 따라 통신방식이 VHF, TRS-ASTRO, TRS-TETRA로 변경되면서 총 6회 전환되기 때문에 고속열차 운행의 비효율성이 제기 되고 있다.

[표 2-4] 열차무선통신시스템 현황

구 분			통신방식			열차무선시스템 현황
			VHF	TRS-ASTRO	TRS-TETRA	
일반철도	전 노선		◎			
경부 고속철도	1단계	서울 - 광명	◎			
		광명 - 대전		◎		
		대전시내 구간	◎			
		대전-동대구		◎		
		동대구시내 구간	◎			
	2단계	동대구-부산			◎	
호남 고속철도	오송 - 광주송정				◎	
수도권 고속철도	수서 - 평택				◎ (공사중)	

VHF 통신방식과 TRS 통신방식을 활용한 열차운행관리 이외에도, 주파수 사용량이 미미하긴 하지만 국내 철도는 열차방호설비를 위해 400MHz 대역 1채널과 객실/승강장 영상설비 운영을 위해 18GHz 대역 6채널을 활용하고 있다.

[표 2-5] 철도 주파수 사용 현황

구분	용도	대역	채널수	채널 대역폭	채널간격	총 대역
허가 대역	일반철도	153MHz	4	25KHz	25KHz	200KHz
	열차방호	400MHz	1	8.5KHz	-	8.5KHz
	고속철도	800MHz	송수신용 각: 15	25KHZ	25KHZ	1.5MHz
	객실/승강장 영상	18GHz	송수신용 각: 6	10MHz	-	120MHz

※ 출처: 국내 철도 통신망의 문제점 분석 및 개선방안 연구

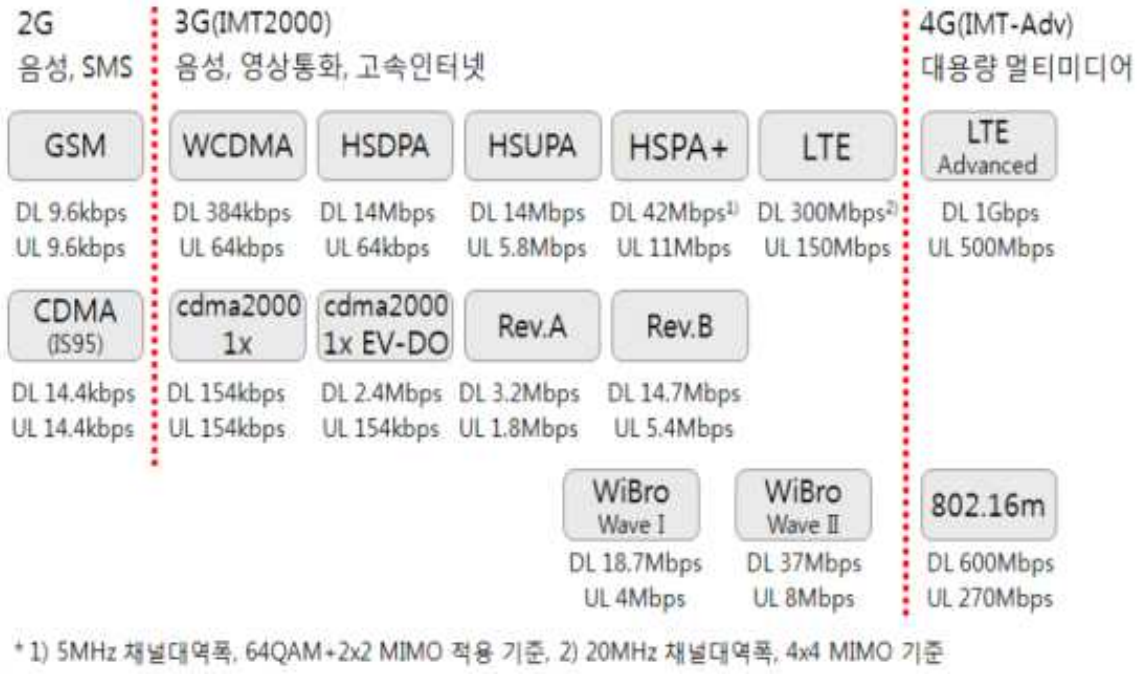
2) 현재 철도무선통신망의 문제점

현재 현황에서 서술한바와 같이 국내 철도 안전 관련 무선통신 방식은 노선별로 상이하여 비효율적으로 운영되고 있다. 실제로 관제요원, 열차운전자, 현장 유지보수 요원 간 협업이 어려워 다양한 문제점이 발생하고 있으며, 망 관리 측면에서 증설, 대체, 유지보수가 어려우며, 고장 시 신속한 대처가 어렵다. 상이한 철도 무선통신시스템 간 단절 및 불통 현상, 상용망과 기존 철도 무선통신시스템과의 주파수 간섭·혼신, 철도 운행 중단 및 사고 발생 위험 상존, 무선통신 사용자의 혼선 등의 문제가 있다.

노선별로 상이하여 비효율적인 국내 철도 통신망을 LTE 기반으로 철도전용 통합무선망으로 구축할 경우 세계 최초로 LTE 기반의 철도 무선망으로 철도 통신망을 시험한 사례를 남겼다. 세계적으로 선도하고 있는 국내 IT기술을 기반으로 향후 철도 통신망의 해외 구축, 관련 장비 수출, 관련기술을 선도하여 국내 철도의 안정성 향상, 철도 수송효율의 향상, 각종 철도 서비스 고도화 등을 기대하여 개발되었다.

현재 이동통신 기술은 아날로그에서 디지털(1→2G), 음성 중심에서 멀티미디어 및 데이터 중심(2→3G), 전송속도 및 효율을 증가 (3→4G)시키는 방향으로 지속적으로 진화 중이다. 현재는 3G에서 4G로 넘어가는 단계로 전 세계적으로 LTE와 WiBro의 구축 및 확산이 이루어지고 있다. 또한 기술적으로 LTE와 WiBro의 다음 단계인 LTE-Advanced와 WiBro-Advanced에 대한 연구와 상용화를 위한 준비가 모색되고 있는 상황이다. 그러나 공공안전 및 재난구조 등의 업무는 일반 이동통신이 아니라 무전기로 대변되는 1G, 2G 관련 무선통신 기술을 다수 사용중이다.

아날로그 통신기술로는 VHF, UHF, 아날로그 TRS 등이 있으며, 디지털 기술로는 TETRA와 iDEN과 같은 디지털 TRS가 주로 사용되고 있다. 또한 철도의 경우 그 특성을 반영하여 2G 이동통신기술인 GSM을 철도 전용으로 개량한 GSM-R 기술이 전 세계적으로 널리 도입되고 있다.



[그림 2-4] 이동통신 기술의 진화

가) VHF(Very High Frequency) 무선통신 사용 현황

국내 일반철도에서 운영 중인 VHF는 열차 운행 시 관제실 또는 기지국과 차량 이동국의 열차 승무원간 또는 휴대 이동국 상호간 통화를 가능하게 하는 설비로서 중앙에서 전체 통신망을 제어 관리하는 개념 없이 Point-to-Point 방식의 통신방식을 사용하고 있으며, 국내에서는 153MHz 대역을 사용하고 있다. 전파의 통달거리 만큼 무전기로 음성 호출에 의해 통화하는 방식이기 때문에 상호간 통화에 약정이 필요하다.

사용현황을 살펴보면 1채널은 전 구간에서 관제를 제외한 모든 무선국 상호간 통화를 위한 일반통화에 할당되었으며, 2채널은 모든 무선국 상호간 비상사태에 대비한 비상통화에 할당되었다. 3채널은 각 지사 관내에서 관제와 열차 통신을 위한 관제통화에 할당되었으며, 4채널은 3채널과 동일한 역할을 수행하지만 지하철 관내의 통화 가능 지역 및 기타 지역에서 사용하기 위한 것이다. 또한 작업통화를 위해서 무선국 상호 간에 운전 및 작업용을 위해 채널 3, 4번을 할당하고 입환 작업장의 통신가능 구역 내에서 입환용을 위한 채널로 2, 3, 4번을 할당하고 있다.

기존의 VHF 통화방식은 4CH을 광대역 방식(채널간격: 25kHz)과 협대역 방식(채널간격: 12.5kHz)으로 사용 중에 정보통신부에서 포화상태인 VHF 대역을 효율적으로 사용하기 위하여 2004년까지 모든 무선설비를 협대역 방식으로 변경하였다.

운영 현황별로는 열차기관사와 사령과의 열차관제, 운행정보 및 긴급사태에 대비한 사령무선통신과 각 역사의 역무원과 기관사 간의 통신망으로 열차운전, 역사 진입 정보에 이용하는 역 무선통신이 있으며, 열차의 진입, 선로보수 작업 및 역사의 역무원과 열차 승무원 사이에서 사용하는 휴대 무선통신이 있다.

[표 2-6] VHF 채널별 사용 현황 *출처 : 한국철도공사(2017)

통화종류	사용 채널	사용 구간	통신 상대방
일반통화	채널 1번	전 구간 (단, 통신가능 구역 내)	관제를 제외한 모든 무선국 상호간
비상통화	채널 2번	전 구간 (단, 통신가능 구역 내)	모든 무선국 상호간 (입환용은 제외)
관제통화	채널 3번	각 지사 관내	관제와 열차 (다만, 부득이한 경우 역과 관제)
	채널 4번	지하철 관내의 통화 가능 지역 및 기타 지역	관제와 열차 (다만, 부득이한 경우 역과 관제)
작업통화	채널 3, 4번 (운전 및 작업용)	통신 가능한 구역 내	무선국 상호간
	채널 2, 3, 4번 (입환용)	입환 작업장의 통신가능 구역 내	작업장 내 무선국 상호간

나) TRS(Trunked Radio System) 무선통신 사용 현황

국내에서 운영 중인 TRS 무선설비는 작은 채널로 많은 이용자들을 연결시키기 위해 자동으로 무선통신 채널을 할당하는 기술이며, 850MHz 대역의 주파수 공용방식으로 최대 300Km/h의 고속주행 환경과 28.8Kbps의 전송속도에서 통화 단절 없이 음성통신과 데이터통신을 자유롭게 할 수 있으며, 고속철도의 운행 상황, 고장발생, 장비점검 상태 등 열차 운영상 중요한 정보들에 대해 관제센터와 송수신이 가능한 시스템이다.

국내의 고속철도는 소방방재청의 통합지휘무선통신망 구축에 따라 개방형 TRS 방식으로 일원화된 자가 통신망 열차무선설비를 구축하였다. 고속철도에서 사용하고 있는 TRS 주파수 850MHz 대역은 (구) 정보통신부 전파지정기준에 의거하여 자가 통신용 주파수로 송신 851MHz, 수신 806~811MHz를 사용하고 있으며, 송·수신 주파수간 간격은 45MHz이다.

[표 2-7] TRS 대역별 사용 현황 *출처 : 한국철도공사 (2017)

구 분		A Band	B Band	C Band
할당용도		자가용	사업자용	사업자용
주파수 대역	800MHz	806~811MHz, 851~856MHz	811~816MHz, 856~861MHz	816~821MHz, 861~866MHz
	300MHz	371~376MHz, 389~394MHz (400ch)	376~381MHz, 394~396MHz (400ch)	
배정현황		경찰청, 한전, 교통방송, LG 등(총 115ch)	한국 TRS, 한국통신 등	예비채널 지정사업자 등

[표 2-8] 국내 철도용 TRS 주파수 사용 현황 *출처 : 한국철도공사 (2017)

구 분		기지국 송신	기지국 수신	용도
A 주파수	A1	851.3875	806.3875	주제어채널
	A2	851.8875	806.8875	보조제어채널, 음성
	A3	853.3875	808.3875	음성
	A4	854.4375	809.4375	음성
	A5	855.4375	810.4375	음성
B 주파수	B1	855.8875	810.8875	열차데이터 송수신
	B2	853.8875	808.8875	고양, 부산차량기지 데이터 송수신
	B3	852.4375	807.4375	고양차량기지 주제어채널
	B4	852.8875	806.8875	부산차량기지 보조채널, 음성
	B5	854.3875	809.3875	부산차량기지 음성채널
C 주파수	C1	851.4375	806.4375	주제어채널, 고양차량 제어채널
	C2	852.3875	807.3875	보조 제어채널, 음성, 고양음성용
	C3	853.4375	808.4375	음성, 고양 음성용
	C4	854.8875	809.8875	음성, 고양 음성용
	C5	855.3875	810.3875	음성, 고양 음성용

다) 국내 무선기반 철도시스템 응용 현황

LTE-R 기반 철도 시스템의 모델로는 LTE 기반의 m-CCTV이다. 대구지하철 참사 이후 열차운행의 안전성을 높이기 위한 일환으로 초기에는 대열차공간화상, 즉 운전사가 플랫폼으로 진입하면서 역내 상황을 미리 확인할 수 있는 무선 영상감시 시스템의 도입이 추진되었다. 그러나 스크린도어의 설치가 활성화되면서 대열차공간화상의 의미가 크게 축소되어 도입이 중단되었다. 이후 무인경전철이 도입되면서 대열차공간화상이 아닌 객실정보의 확인이 중요하게 인식되었고 이를 위한 18GHz 열차무선 영상시스템이 도입이 시작되었으며, 부산도시 4호선, 신분당선, 대구도시철도 3호선, 인천도시철도 2호선 등에 구축이 완료되어 운용 중에 있다. [55,60,61,62,63,65,66,67,69,70,73,75,78]

2) 철도무선통신망 기술 수준 분석

철도무선통신망 기술은 LTE-R을 이용한 핵심장비, 단말기 등을 국내 기술로 제작하여 세계 최초로 원주~강릉 철도노선에 사업화하여 세계적인 수준으로 도달되었다고 할 수 있다. 현재 SKT, LG, KT 등 국내 기간통신사업자와 삼성전자 등 대기업, 기타 중소기업이 관련 기술을 보유하고 있어 기술 수준은 선진국과 비교해도 경쟁력을 확보한 상태라 할 수 있다.

다. 종합분석 결과

국토교통과학기술진흥원이 2년마다 수행하는 국내외 기술수준에 대한 조사 보고서인 ‘2017 국토교통 기술수준조사 보고서’에 따르면, 철도교통에 대한 세부 분류체계는 아래 표와 같다. 국토교통산업분야의 분류체계에서 대분류는 도시, 건축, 시설물, 플랜트, 수자원, 철도교통, 도

로교통, 항공교통 그리고 물류로 구성된다.

[표 2-9] 철도교통 분류체계

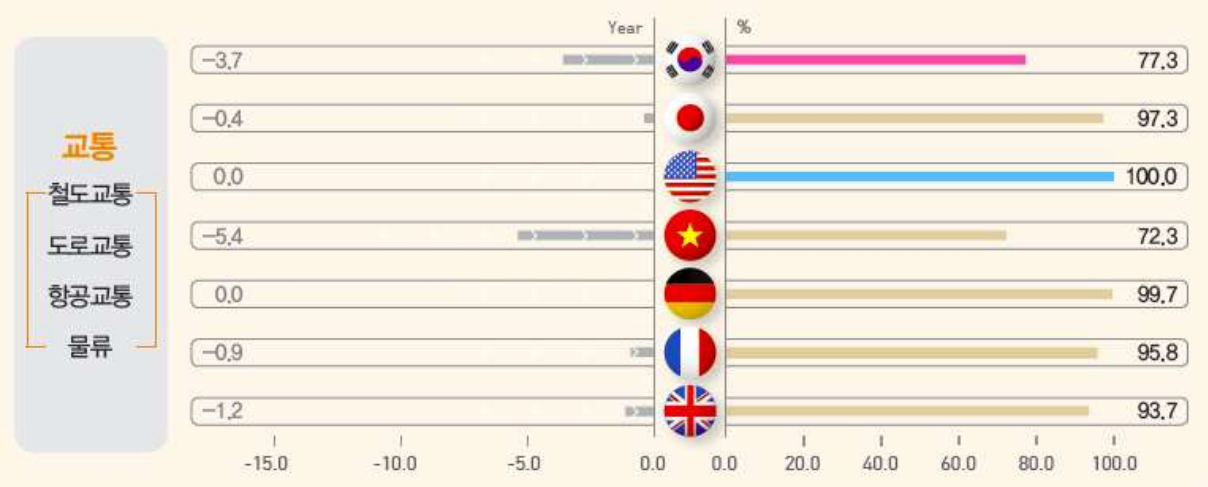
대분류	중분류	소분류
F. 철도교통	F1.철도차량	F11.일반철도차량
		F12.고속철도차량
		F13.자기부상철도차량
		F14.도시철도차량
	F2.철도시설	F21.철도노반
		F22.철도궤도
		F23.전력계통
		F24.신호/통신
	F3.철도운영 및 환경	F31.철도운영 및 안전
		F32.철도환경
		F33.철도시스템유지관리(시설물, 차량 포함)

국토교통 기술수준조사 보고서에 언급된 기술수준의 결과는 국토교통분야 통합 기술수준과 국토 및 교통분야 기술수준으로 나누어 볼 수 있다. 첫 번째로 국통교통분야 통합 기술수준을 보면, 국토교통분야에서 세계 최고 기술수준 보유국인 미국의 상대적 기술수준을 100%, 기술격차를 0년으로 하였을 때 한국은 그림 1과 같이 평균 기술수준이 74.8%, 기술격차는 4.7년인 것으로 나타났다.



[그림 2-5] 국토교통분야 통합 기술수준

두 번째로 국토 및 교통분야 기술수준 중 교통 분야의 기술수준을 보면 한국은 미국과 대비하여 그림 2와 같이 평균 기술수준 77%, 기술격차는 3.7년으로 나타났다.



[그림 2-6] 교통분야 기술수준

철도교통분야 중 정부지원의 필요성에 대한 분석 결과는 아래 그림과 같으며, 신호/통신 분야가 4.3점으로 정부지원 필요성이 가장 높은 것으로 나타났다.

우선순위	정부지원 필요성	조사결과	
1	① 신호/통신	F11 일반철도차량	3.2
		F12 고속철도차량	4.6
		F13 자기부상철도차량	4.0
		F14 도시철도차량	3.9
2	① 철도시스템유지관리	F21 철도노반	3.7
		F22 철도궤도	3.8
		F23 전력계통	3.8
		F24 신호/통신	4.3
3	–	F31 철도운영 및 안전	4.1
		F32 철도환경	3.9
		F33 철도시스템유지관리	4.0

[그림 2-7] 정부지원 필요성 분석-철도교통분야

앞에서 살펴본 바와 같이 선진국과의 기술수준과 기술격차는 아직 많이 차이가 있는 것으로 분석되었다. 철도교통분야의 기술수준을 향상시키기 위해서는 R&D 투자확대 및 인력 육성이 가장 필요하다는 조사 결과가 다음 그림과 같이 도출되었다.

⊙ : 1순위, ○ : 2순위, • : 3순위

중분류	소분류	장비	인력	R&D	중기 육성	기초 연구	법제도	산학연
철도차량	일반철도차량	•		○	⊙			
	고속철도차량	•	○	⊙				
	자기부상철도차량		•	⊙		○		
	도시철도차량		•	⊙	○			
철도시설	철도노반	○	•	⊙				
	철도궤도	○	•	⊙				
	전력계통	○		⊙	•			
	신호/통신	○		⊙	•			
철도운영 및 환경	철도운영 및 안전		⊙	•			○	
	철도환경		•	○			⊙	
	철도시스템유지관리	•	⊙	○				

· 장비: 장비/설비구축 · R&D: R&D 투자확대 · 기초연구: 기초연구지원확대 · 산학연: 산학연 연계강화
· 인력: 인력양성 · 중기육성: 중소기업육성 · 법제도: 법제도 정비

[그림 2-8] 철도교통 분야 - 기술격차 해소방안

2. 국외 기술개발 현황

가. 해외 기술 개발 추세

세계 주요 국가에서 무선통신기술을 열차제어기술에 적용한 새로운 열차제어시스템 개발 및 상용화를 추진 중에 있다.

- 유럽 : ETCS, European Train Control System
- 일본 : ATACS, Advanced Train Administrations and Communication System
- 중국 : CTCS, Chinese Train Control System

특히, 유럽은 현재 주도하고 있는 철도산업의 경쟁력을 지속적으로 유지하고, 유럽철도 시장규모를 확대하기 위해 Forster Rail, Shift2Rail 프로젝트를 추진하고 있으며, 유럽의 철도산업혁신전략에 대응하지 않을 경우 수송용량, 가격, 승객서비스 등의 경쟁력 부족으로 과거와 같이 외국시스템이 국내 철도시장을 주도하게 될 가능성이 높다.

나. 해외 기술개발 동향

1) FOSTER RAIL 프로젝트

FOSTER RAIL 프로젝트 유럽철도의 연구개발 및 혁신을 위한 로드맵을 장성하는 것으로 10개 분야로 구성되어 있다.

- 연구기간 : 2013. 5. 1 ~ 2016. 4. 31
- 연구주관 : ERRAC (European Research Advisory Council)
- 연구목적 : 유럽철도의 연구개발 및 혁신전략 강화 지원
- 개발기술
  - ▸ Capacity, Performance and competitiveness
  - ▸ Energy and environment
  - ▸ Safety(including certification) and security

- 구 성

▸ WP1 Cooperation, Communication & Coordination with other ETPs and national technology platforms

▸ WP2 Rail Business Scenarios

▸ WP3 StrategicRail Research & Innovation Agenda (SRRIA)

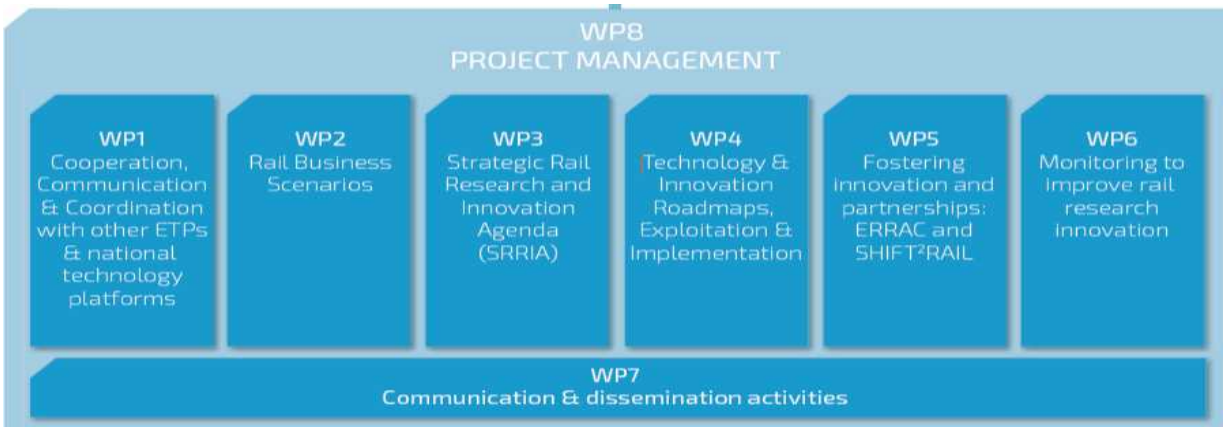
▸ WP4 Technology and Innovation Roadmaps, Exploitation & Implementation

▸ WP5 Fostering innovation and partnerships: ERRAC & Shift2Rail

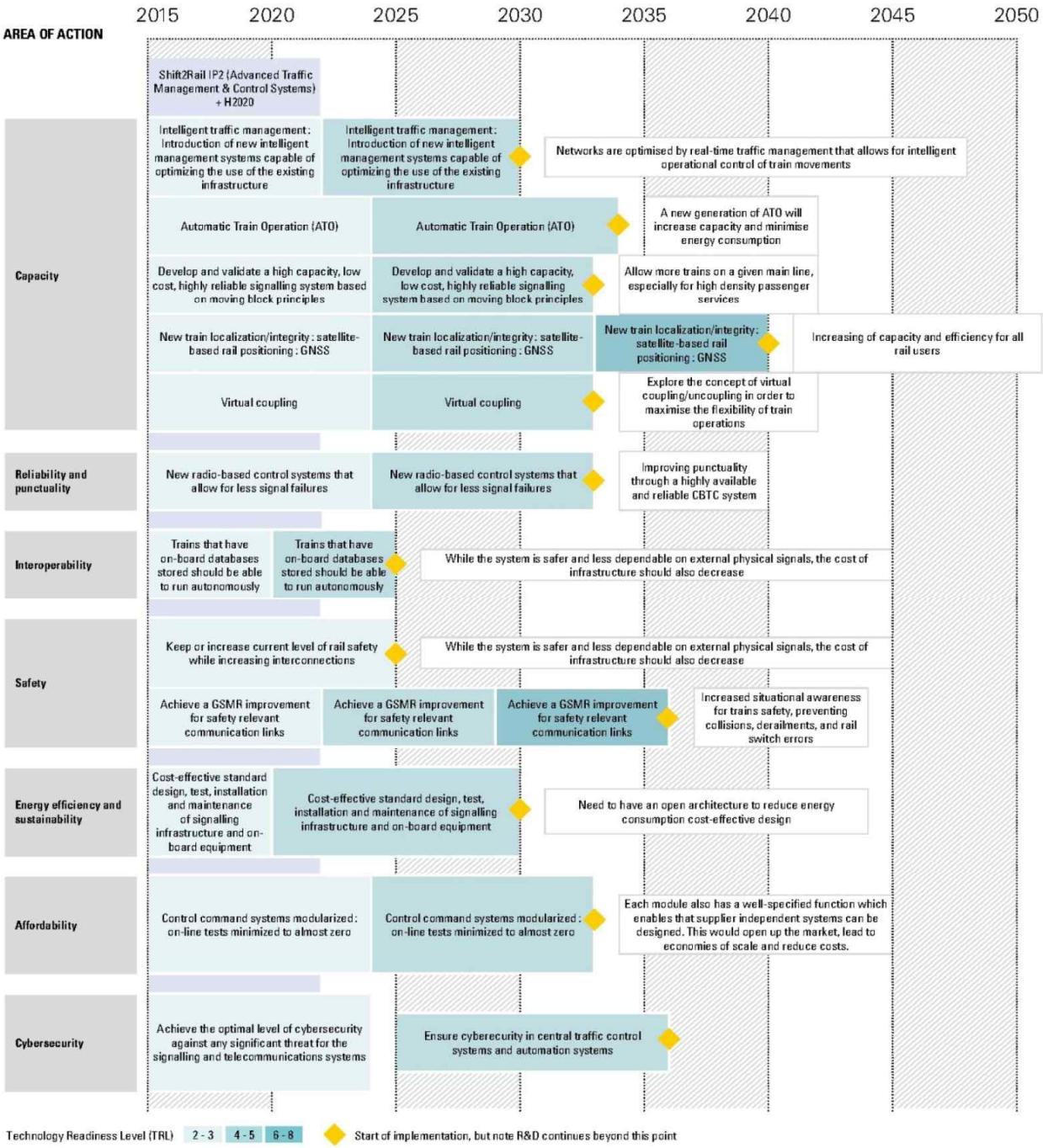
▸ WP6 Monitoring to improve rail research innovation

▸ WP7 Communication & dissemination activities

▸ WP8 PROJECT MANAGEMENT



[그림 2-9] FOSTER RAIL 구성도



[그림 2-10] 유럽 차세대열차제어시스템 개발로드맵

※ 출처 : FOSTER RAIL D4.9 Final Technology and Innovation Road maps

- 참여업체



[그림 2-11] FOSTER RAIL 참여업체

- SHIFT2RAIL과의 관계

▸ ERRAC와 협의하여 SHIFT2RAIL의 마스터플랜 작성

▸ SHIFT2RAIL의 성과물을 규격 및 표준화에 반영

1) NGTC 프로젝트

NGTC 프로젝트는 유럽 철도의 경쟁력 강화를 위해 도시철도, 일반철도, 고속철도에서 사용 가능한 무선통신기반 열차제어시스템 연구개발을 진행하였다.

○ NGTC (Next Generation Train Control)

- 기　　간 : 2013년 9월 ~ 2016년 8월

- 주　　관 : UNIFE (European rail manufacturing industry)

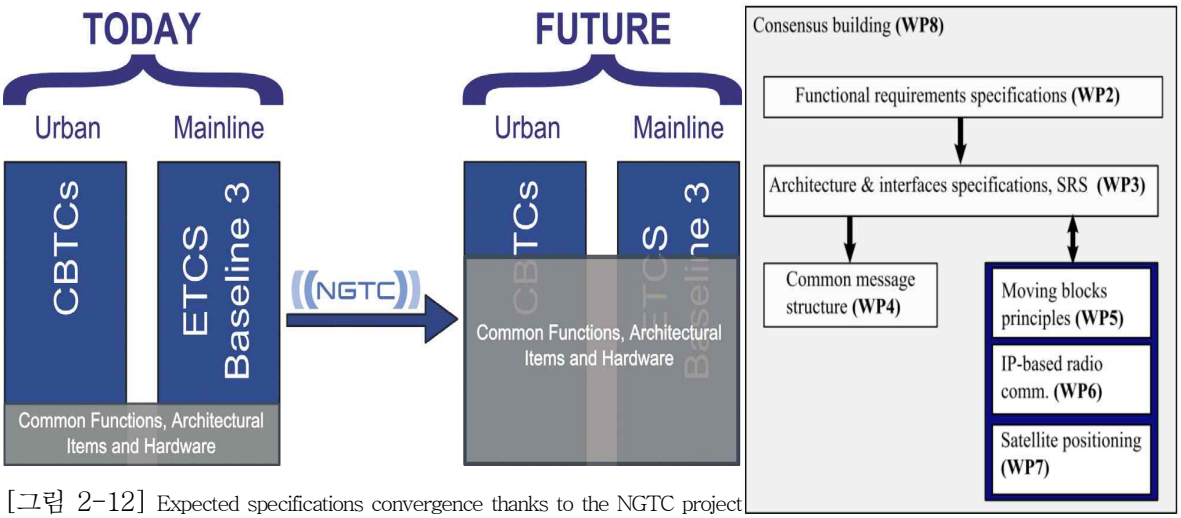
- 개발기술

▸ ETCS 및 CBTC의 필수기능의 공통점 및 차이점을 분석

▸ ETCS 및 CBTC 융합을 통해 하드웨어 플랫폼 및 시스템 설계 등의 공통점에 대한 수준을 결정하는 것

▸ IP기반 무선통신(GPRS) 개발

▸ 위성을 이용한 열차 위치검지 기술 개발



[그림 2-12] Expected specifications convergence thanks to the NGTC project

- 구　　성

▸ NGTC는 관련성이 많은 Work Package(이하 WP)를 구성함

▸ WP2는 기능적 관점에서 ERTMS와 CBTC 간의 운영 및 기능상의 공통점 및 차이점 조사

▸ WP3는 공통 시스템 구조의 개발에 착수하였으며 가능한 두 시스템에 대한 공통적인 기능 할당에 대해 개발

▸ WP4는 ETCS 메시지의 추가 및 변경 사항을 결정

▸ WP5(이동 폐색 원칙), WP6(IP 기반 무선 통신), WP7(위성 위치 추적)

- 참여업체 : UITP, RATP, TMB and London Underground, Alstom, Hitachi(구,Ansaldo STS), AŽŽD, Bombardier, CAF, Siemens and Thales, SNCF, ERTMS User-group 등

- SHIFT2RAIL과의 관계 : NGTC의 결과물이 SHIFT2RAIL 프로젝트의 IP2(Traffic Management and Control System)에 적용되었다.

1) SHIFT2RAIL 프로젝트

SHIFT2RAIL 프로젝트는 '유럽의 미래 수송체계를 위한 비전' 을 주제로 3대 목표를 가지는 프로젝트이다

1)단일화된 유럽철도의 완성

2)아시아 업체들과의 경쟁에서 유럽 철도산업의 경쟁력 증가

3)유럽 내의 높은 품질의 일자리 창출과 유지

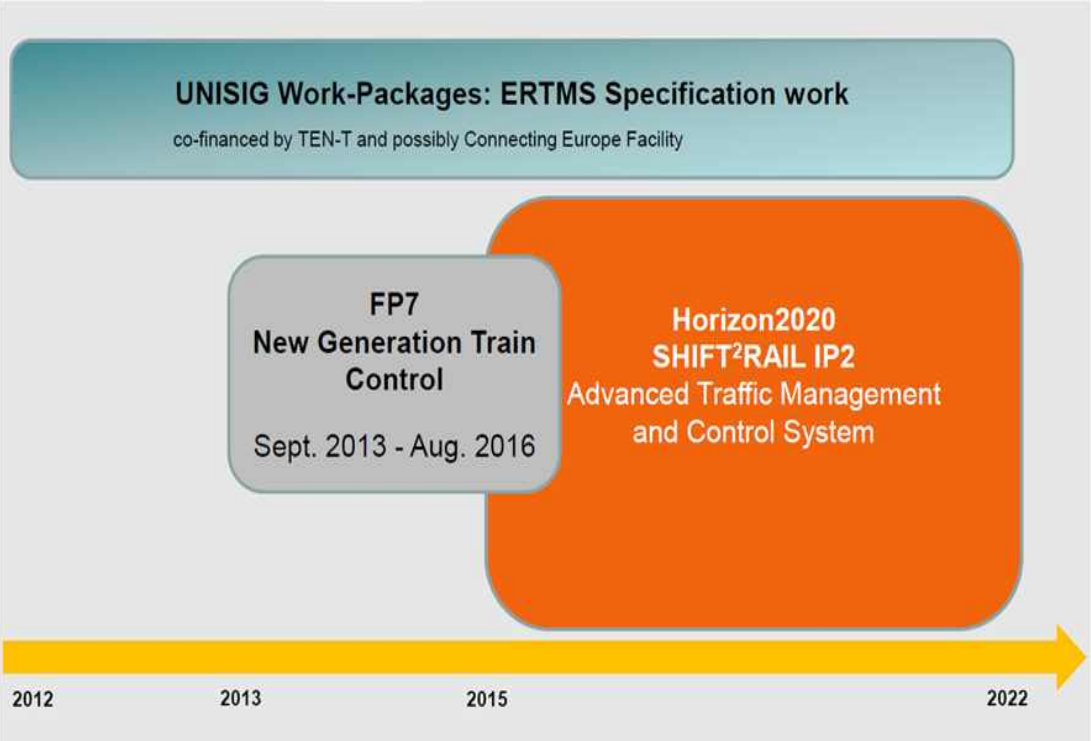
○ SHIFT2RAIL

- 예 산 : 9.2억 유로(약 1조1,500억원)의 대형 프로젝트

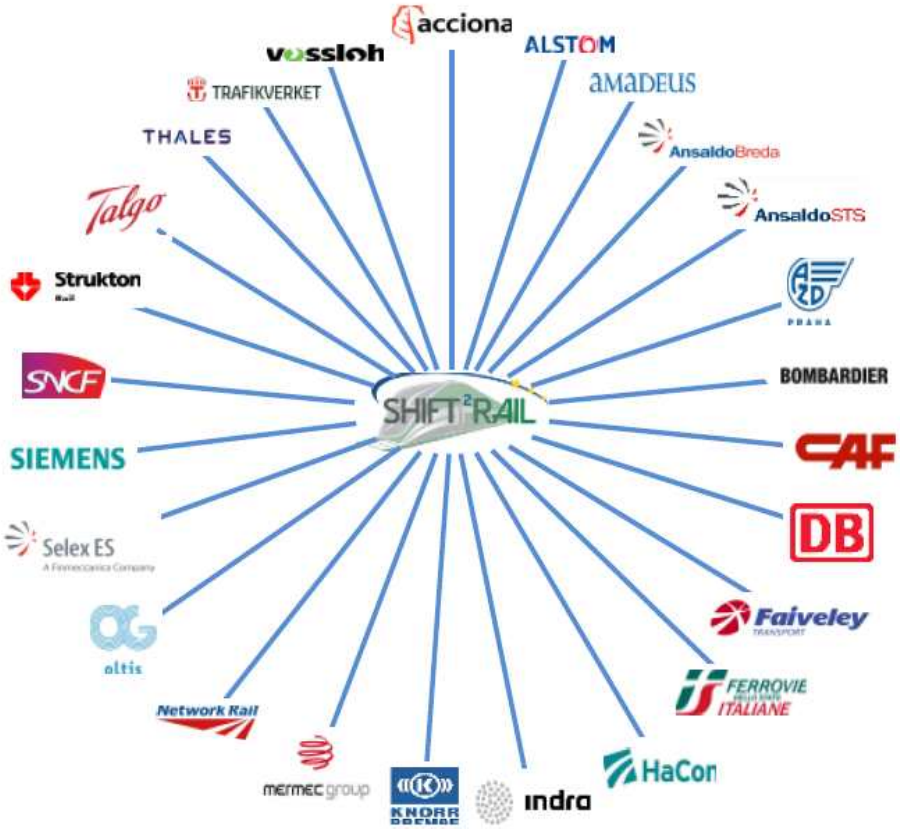
▸ 민간부문 : 4.7억 유로(약 6,000억원)

▸ 유럽연합 : 4.5억 유로(약 5,500억원)

※ 2013년 12월 법적으로 제안되어 2014년 3. 14일 유럽의회에서 승인됨



[그림 2-13] Horizon2020, Shift2Rail, NGTC 추진



[그림 2-14] The 25 Founders and overall 115+ promoters

- 개발기술 및 구성 : 다섯 가지 기술혁신분야(IP)로 구분
  - ▸ IP1 : 비용 대 효과 및 신뢰도가 좋은 고용량 열차
  - ▸ IP2 : 진보적인 교통관리 및 제어 시스템
  - ▸ IP3 : 고효율 및 고용량 철도환경 조성
  - ▸ IP4 : 매력적인 철도 서비스를 위한 IT 접목
  - ▸ IP5 : 고객을 만족하는 화물운송 기술



[그림 2-15] Shift2Rail 프로젝트의 기술혁신분야

- 철도신호시스템 개선계획은 Shift2Rail IP2에 포함되어 있다.
  - ▸ 자동운전(ATO)개념을 일반철도와 고속철도에 적용토록 개발
  - ▸ 철도 운송능력과 성능을 개선하고 에너지 고효율화

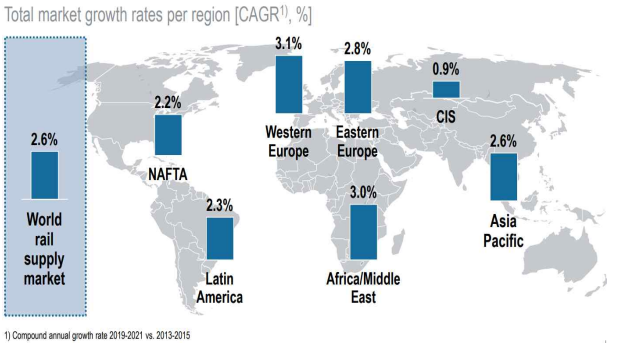
[표 2-10] Shift2Rail IP2의 우선연구 및 활동

분 야	활 동
스마트, Fail-safe 통신 및 위치 확인 시스템	- ETCS 및 CBTC의 단점을 극복하기 위해 패킷스위칭/IP(GPRS, EDGE, LTE, 위성) 기술을 사용하여 모든 시장 부문에서 열차제어 애플리케이션을 위한 적응형 통신 시스템 제공 - 신호를 위한 안전 및 보안 기능시스템의 현재 및 미래의 요구사항 지원 - 지상설비(발리스, 궤도회로, 엑셀카운터 등)를 제거하고 열차 위치검지 정보 품질강화 - ETCS 코어에 GNSS를 적용한 다중센서 열차 위치감지 시스템 및 fail-safe 기술개발
교통 관리의 발전	- 첨단 교통 관리 시스템은 자동화되고 상호운영성, 내부 연결성 등이 필요 - 열차의 성능 데이터 및 실시간 네트워크를 통해, 예측가능하고 동적인 교통관리를 허용하는 운전자권고시스템(DAS) 기능과 결합되어 무선 통신 네트워크에 의해 제어 기능 - 시스템은 표준화된 인터페이스와 제품을 사용하고, 기존 시스템에서 쉽게 확장 가능하고 업그레이드가 가능하여야 한다.
자동화	- 도시와 교외의 애플리케이션을 위한 자동화 등급 (GOA4, 무인 열차 운행)까지 ETCS를 통해 자동열차제어(ATO)를 개발 - 화물 노선을 포함한 다른 부문에서 적어도 GoA2 (반자동 열차 운행)개발
이동폐색 및 열차 무결성	- 폐색의 원칙을 기반으로 높은 용량, 낮은 비용, 높은 신뢰성의 신호 시스템을 개발 및 검증 - 기존의 ERTMS 시스템 사양과 역방향 호환 및 도시철도 애플리케이션을 위한 CBTC의 기능으로 확장 가능하도록 설정 - 열차 무결성 기능을 동시에 개발
스마트한 구매 및 시험	- 실험실에서 시뮬레이션 도구와 검증인력을 사용한비 현장 테스트 접근 방법을 개발 - 표준화 된 기술 및 운영 규칙을 개발하고 표준 인터페이스 및 기능 ETCS 설명 모델개방 - 검증 및 승인 프로세스를 용이하게 하기 위해, 형식적인 방법을 기반으로 개선된 상호운영성
Virtual coupling	- 열차운행 유연성의 극대화를 위한 virtual coupling/uncoupling의 개념 도입 필요 - 열차 이용량의 감소에 따른 승객과 화물 운송 사업자들에게 높은 수준의 서비스 제공 - 철도 분야에서 fail-safe를 위한 열차 거리 개념의 중요한 변화를 나타냄
사이버 보안	- 외부에서 오는 사이버 공격과 지속적인 위협으로 부터 보호 - 신호 및 통신 시스템에 대한 중요한 위협에 대한 사이버 보안의 수준향상 및 보호

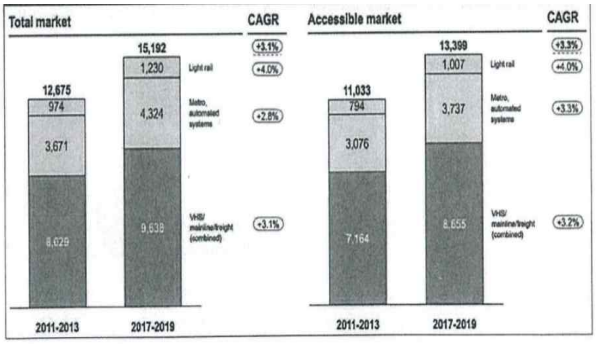
다. (해외시장) 해외 열차제어시스템 시장규모는 '20년까지 연평균 2.8% 성장하여 189억유로(약 24조7천억원) 규모로 확대 될 것으로 기대되며, 서유럽이 3.1%를 차지하고 이어서 아시아가 2.6%를 차지할 것으로 기대되며, 분야별로는 일반철도가 3.1%, 지하철 2.8%를 차지할 전망으로 분석되었다.

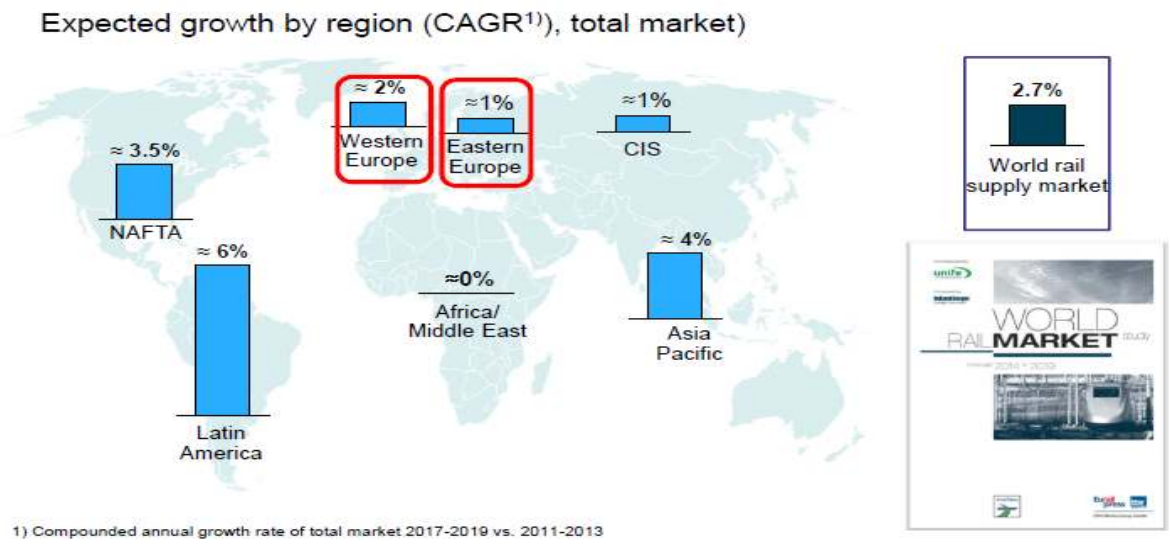
열차제어시스템 산업동향(해외)

<지역별 전망>



<분야별 전망>





[그림 2-16] 열차제어시스템 산업동향

국제철도연합(UIC: union internationale des chemins ; International Union of railway)에서는 “차세대 철도 무선통신 표준화”라는 주제로 철도 통합 무선망(GSM-R; Global System for Mobile communication-Railway)의 미래에 대해 전망을 발표하였다. 여기에서는 유럽 각국의 철도통신기술변화에 따른 시장의 요구, 철도 무선통신의 기술과 동향을 제시하였다. 특히 현재 운용 중인 GSM-R 처리 방안과 문제점, 영상 감시, 실시간 열차 성능 모니터링 등의 새로운 서비스 증가에 따른 GSM-R의 위기에 대해 언급하였다.

	WLAN (OFDM)	GSM-R (TDMA)	WiMAX (OFDMA)
주파수 대역	2.4GHz	876~880, 921~925 MHz	2.3 GHz, 2.5GHz, 3.5GHz
대역폭	20MHz	(4MHz x 2)	100MHz
상용화	Las Vegas Monorail, 용인 ART-Metro 등 다수	Euro - Rail	대만 고속철, 유럽 등에서 인터넷 접속용으로 사용
표준화	IEEE 802.11x 기술을 Customize하여 사용	ERTMS, ETCS	IEEE 802.16x
장점	Unlicensed 주파수 저출력 저비용	세계 최초 광역 철도 제어 넓은 시장성	광역권 높은 전송 속도 4G 표준화 기술 (미래지향적) IP 기반, Data Centric 기술 (Redundancy 없음)
단점	Indoor Design 기술, 광역 철도로 부적합 Interference 문제 High Mobility 문제	낮은 전송 속도 (9.6kbps) TDM 기반, Voice Centric 기술 LTE로 발전 (실용화에 상당기간 필요)	TCS용으로 사용된 적 없음 (미국 PTC 시스템에서 Testbed로 사용)
기타	대부분 외국 기술 종속 (퀄컴, 인텔, 알카텔, 알레스)	2017년까지 IP-based GSM-R 네트워크 구축	700MHz Profile 표준화, 순수 국내 기술(3PR 확보)

<그림 2-17> 주요 철도 무선통신 방식

가. 유럽 철도무선통신 현황

유럽은 차세대 범 유럽 철도망(TEN-T: Trans-European Transport Networks)구축을 추진하여 철도 인프라 확충을 계획하고 있으며, ERTMS(European Rail Traffic Management System) 기반의 GSM-R 철도 무선통신망 구축을 선도하고 있다.

GSM-R 구축 확대를 위해 최근 유럽집행위원회(EC)는 2020년까지 핵심 철도 노선에 대한 GSM-R 구축을 의무화하고 개별 국가의 GSM-R 구축을 지원하는 ERTMS 구축 기한을 발표한 바 있다(EC, 2009).

유럽집행위원회의 ERTMS 확대 계획은 2015년까지 6개 노선 9,000km에 ERTMS와 GSM-R을 우선적으로 도입하고, 나머지 5,500Km는 2020년까지 완료하는 로드맵 형태로 정책 목표를 구체화하여 제시하고 있다. 유럽집행위원회는 국가별 구축 계획도 존재하기 때문에 2020년에 약 40,000km에 ERTMS가 구축될 것으로 전망하였다.

특히 스페인은 경기 부양 등을 위해 유럽에서 가장 공격적으로 철도망을 고도화하고 있는 국가로서 PETI(2005~2020) 계획을 통해 2020년까지 10,000km에 달하는 고속철도를 확충하는 계획을 추진하고 있다(The Market, 2010). 스페인 국토개발부 산하 철도 인프라 관리 담당 국영기업인 ADIF(Administrator de Infrastructures Ferroviarias)는 장비제조업자와 함께 LTE-R(LTE-Railway)의 협력개발을 다각도에서 추진하고 있다.

나. 중국 철도무선통신 현황

중국은 신 성장동력의 하나로 철도산업을 중점적으로 육성하고 있으며, 지역격차 해소 등을 위해 세계에서 가장 활발하게 고속철도를 확장하고 있는 국가이다.

철도망구축 측면을 살펴보면 2004년 국무원이 “중장기 철도망 계획”을 승인하여 2020년까지의 철도 발전계획을 확정한 바 있으며, 이후 매 5년마다 “국가발전 5개년 계획”을 세워 실행을 추진하고 있다. 2011년부터 2015년까지 5년간 철도 구축 계획을 살펴보면 총 5,270억 달러를 투자하여 16,000Km의 철로를 개설할 예정이다. 철도 무선통신망은 중국의 독자표준인 GSM-R 기반의 CTCS(Chinese Train Control System)를 중심으로 구축되고 있으며, 선도 기술 도입에 적극적인 면을 보이고 있다.

중국 내 GSM-R 첫 도입 사례는 2003년 구축이 시작되어 2005년부터 운행하고 있는 대진(大秦) 철도이며 Huawei 제품으로 구축되었다. 이후 다양한 철도망 구축에GSM-R이 도입되는 중이나 대진철도는 3GPP R99 플랫폼을 3GPP R4 플랫폼으로 업그레이드시켜 2011년 IP-Core로 전환한 세계 최초의 철도무선망 이기도 하다. 중국은 GSM-R용으로 E-GSM(900MHz) 대역을 할당하여 철도무선통신망을 구축하고 있다.

다. 인도 철도무선통신 현황

인도는 영국의 식민지 시대에 대대적인 철도 인프라 확충이 이루어져 세계에서 가장 광범위한 철도망을 갖춘 국가였으나, 지속적인 인프라 투자가 이루어지지 않아 그 위상이 축소되고 있는 중이다.

세계 철도 인프라 강국으로서의 위상을 재정립하고, 경제 발전 등에 기여하기 위해 2009년 인도철도청은 2020년까지 철도 인프라의 고속화, 효율화, 현대화 등을 위한 대대적인 투자 계획을 발표하였다.

인도철도청은 통신 부문 구축 계획을 별도로 제시하고 MTRC(Mobile Train Radio Communication) 시스템으로 GSM-R을 채택한다고 밝히고 있으며 유럽과 유사하게 중장기적인 단계별 고도화 계획을 제시하고 있다. 구체적으로 관련 예산 확보 등을 고려하여 2011~2015년 4,000km, 2016~2017년 10,000km, 이후 2020년까지 6,000km에 대하여 GSM-R을 단계별로 적용할 것을 계획하였다. 참고로 인도는 GSM 국가로 GSM900대역에 2×1.6㎒를 GSM-R에 할당하였다. 정책적인 측면에서 유럽, 중국 등과 유사하게 인도도 단일 시스템으로 철도 무선통신망을 구축하고자 계획하고 있다. 이는 “One India One ATC” 정책으로 불리며, 이를 기반으로 ETCS 적용이 확대될 것으로 예상된다. 인도는 “One India One ATC” 를 통해 현재, 미래 철도 간 상호 운용성 증진, 서비스 용량, 속도, 안전성, 가용성 향상이 가능할 것으로 예상하고 있다.

라. 대만 철도무선통신 현황

대만은 TETRA로 철도 무선통신망을 구축한 세계에서 유일한 사례인 THSR (Taiwan High Speed Rail)을 구축한 국가이다. THSR은 Taipei와 Kaohsiung (Tsoying)간 14개 주요 도시 및 77개 도심지역 간을 운행하는 총 길이 345km, 터널 길이 120km의 고속철도이다. 현재 8개 역사, 향후 3개 역사가 구축되어 총 11개 역사를 갖추고 있으며, 1개의 중앙센터(TaoYuan 소재), 6개의 정비/유지보수 기지창을 갖추고 있다. THSR은 2007년 1월에 개통되었으며, 설계속도 350km/h, 운행속도 300km/h에서 운영된다.

THSR은 380-400㎒의 TETRA 시스템을 기반으로 무선통신 시스템, CAD 및 Trainborne Sub-systems, 터널과 역사 내 커버리지 확보 시스템, 안테나, UPS 등으로 철도 무선지령시스템을 구성하고 있다. 구축 사업자는 2002년 11월 Motorola로 선정되었으며, 2004년 11월 시험철도망에서 시험검증이 이루어졌다. 주 선로 무선시스템의 개별테스트는 2005년 12월에 완료되었으며, 315Km/h의 속도에서 이루어졌다(Motorola, 2005).

마. 미국

2008년 철도 안전개선법을 제정하여 모든 철도차량 및 노선에 대해 2015년까지 능동형 열차제어시스템(Positive Train Control system, 이하 PTC) 장착을 의무화하였다. 또한 이와는 별도로 캘리포니아 고속철도사업에서는 GSM-R기반의 2단계 유럽형 열차제어시스템을 선정하여 프로젝트를 수행 중이다.

바. 일본

철도통신은 일반철도에서 음성통신용 VHF대역과 UHF대역을 사용하고 있으며, 고속철도(신간선)에서는 400㎒ 대역의 철도전용 주파수를 할당받아 운전조치, 관제지령, 여객 및 물류정보 등을 통신에 사용하고 있다. 일본식 무선통신열차제어시스템(ATACS) 용도로 420㎒ 대역을 할당받아 시험용으로 서비스 중이며, 도심구간에서는 가용채널이 부족하므로 디지털 전환으로 발생한 유휴대역 주파수 700㎒대역을 지능형교통시스템(Intelligent Transportation System, 이하 ITS)용으로 할당받아 연구하고 있다.

사. 해외 철도무선통신망 현황 및 주요내용

<표 2-11> 해외 철도무선통신망 현황

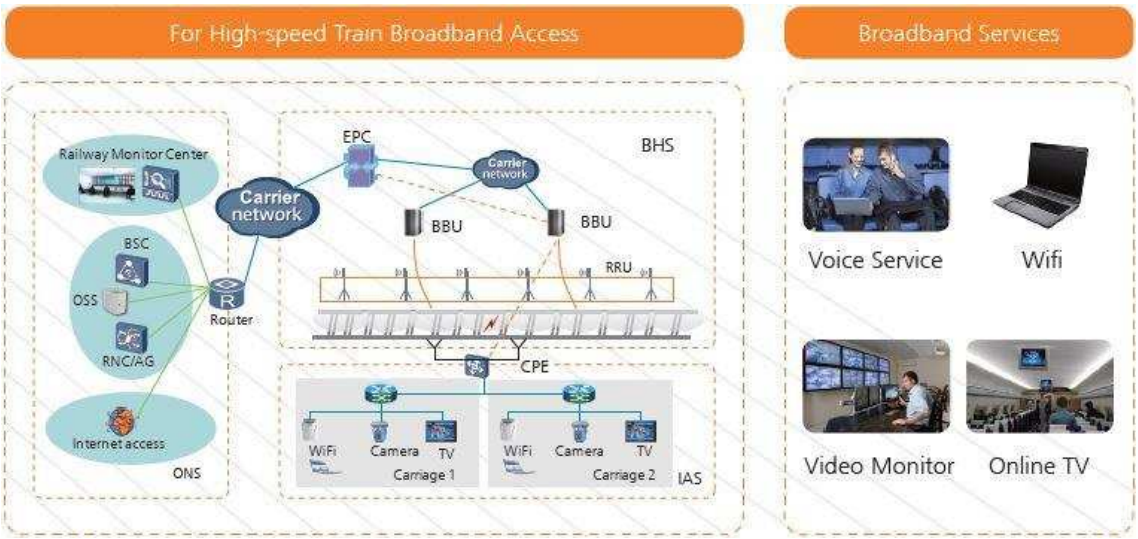
구분	제어방식	통신방식	주파수	주요내용
유럽	ETCS Level 2	GSM-R	800 MHz	2015년까지 핵심 노선에 GSM-R이 의무 구축(기존망 업그레이드 포함)될 예정이며, 2020년까지 40,000km에 도입될 전망 · 영국: RSSB가 LTE-R 도입을 2020년으로 전망하며, 멀티기술 도입을 제안 · 스페인: LTE-R에 대한 개발협력 추진 · 프랑스: GSM-R 구축에 PPP 방식 활용
중국	CTCS-3	GSM-R	900 MHz	2002년 CTCS 개발을 시작하고 GSM-R을 무선통신기술로 채택 . 2005년 GSM-R을 화웨이 장비를 통해 대진철도에 처음 구축 운영 . 장비업자를 중심으로 고속철도에서의 LTE 기술 도입이 검토 중
인도	ETCS Level 2	GSM-R	900 MHz	One Indian One ATC 정책에 의해 2020년까지 GSM-R로 통합이 예상됨
대만	D-ATC (유선)	TETRA	400 MHz	TETRA로 철도무선망을 구축한 최초의 사례 · 이동통신사인 청화텔레콤이 고속철도에서의 LTE 운영을 시험 검증
일본	ATACS	별도	400 MHz	2011년부터 동일본철도에 의해 도시형 철도에 적용되어 운행 시작 · 개발부터 기본 기능 운행까지 약 17년의 시간이 소요됨
사우디	ETCS Level 2	GSM-R		총 2,400km에 달하는 North South Railway 프로젝트에 GSM-R 방식 채택
미국	PTC	별도	200 MHz	2015년까지 의무도입이 법제화되었으나 기술검증 등으로지연 예상 · 캘리포니아 고속철도 프로젝트는 다양한 기술 방식 및 주파수 후보군을 검토한 후 GSM-R 기반 ETCS Level 2를 선정하여 700MHz 대역 확보를 추진
브라질	ETCS Level 2	GSM-R		GSM-R 기반 ETCS Level 2를 고속철도에 도입하기로 결정하였으며 구체적인 주파수 확보 활동은 확인된 바 없음

* 출처 : 철도무선통신망 구축 국내외 현황 및 시사점 [정보통신정책연구원(KISDI), 「방송통신정책」(제25권 9호)]

국외 LTE 통신방식 개발전망

가. Huawei

중국의 화웨이(Huawei)는 LTE 기술을 모바일 백홀로 이용하면서 접속 네트워크는 기존 통신 기반을 유지하도록 하는 HRC(High-speed Railway Communication:고속열차통신)솔루션을 개발하였다. 화웨이는 시속 430km/h 이동속도에서 다중모드 무선액세스와 평균 산출량 등을 시험하여 주파수 대역폭 20㎒에서 최대 20Mbps를 획득했다고 홍보하고 있다. 또한, HRC 솔루션을 통하여 단일 기지국으로 기존 6개 사설 네트워크를 교체할 수 있으며, 공동 구축 또는 공유하는 기술로 위험시험훈련에 대한 절감효과가 예상된다. 열차 내에서 자체 손실, 비번한 핸드오버, 핸드오버시 오버랩핑 지역에서 지연, 도플러 효과 해결 또는 감소효과가 있을 것으로 기대 된다. 또한, 독립 대역폭 제어와 다양한 요금부과 서비스 등 향상된 서비스 운영 및 관리 능력도 제공된다.



<그림 2-18> Huawei의 HRC 솔루션 구성 개념도

* 출처 : International Trade Fair for Transport Tech. Innotrans, Berlin(2012)

나. Nokia Siemens

Nokia Siemens는 차세대 철도무선망에 대해, 향후 20년간 데이터 애플리케이션이 증가하고 새로운 철도 운영 서비스가 나타날 것이기 때문에 고효율의 무선망을 요구할 것이라 전망했다. LTE 기술이 단순한 무선 인터페이스의 변화 이상의 변화를 가져 올 것으로 예상했다. LTE 기술이 초기 단계이기 때문에 표준화 논의 후 2015년경 본격적인 철도전용 LTE 개발이 시작되어 2010년대 후반에 기술적인 검증이 이루어 질 것으로 예상되며 공중망 기술 발전의 혜택을 받는 철도 분야에서 LTE 기술은 2020년부터나 적용될 것으로 전망하고 있다.



<그림 2-19> Nokia Simens의 LTE-R 기술 개발 및 도입 전망 로드맵

* 출처 : Johann Garstenauer(2010)

다. Alcatel Lucent

Alcatel Lucent는 철도무선통신망에 대해, 비지니스적 관점에서 고객의 서비스 요구를 충족하면서도 비용절감과 수익창출을 도출하기 위한 것이라고 정의하였다. 열차 내에서 신규 광대역 서비스, CCTV와 같은 운영관리 서비스를 제공하기 위해서는 축소되고 있는 GSM-R 시장에서 LTE 시장으로 빠르게 전환하여 통신환경 변화에 대응할 것으로 보이며 기존 서비스 속성별로 이기종 망에서 서비스가 제공되던 구조를 버리고, LTE라는 하나의 통합된 네트워크 구조에 수용하고자하는 방식을 제안하였다.

LTE의 대역폭과 이동성을 고려한 기술 포지셔닝을 고려할 때, GSM-R과 비슷한 이동성을 제공하면서 광대역 서비스를 제공할 수 있기 때문에 차세대 철도 무선통신망으로 LTE가 적합하다고 판단하였다.



<그림 2-20> Alcatel Lucent의 단계별 LTE 통합 구조

* 출처 : Oliver ANDRE(2010)

제3장. 연구 수행 내용 및 성과

[1세부]

1. 연구수행 내용 및 성과 총괄

연차	연구 수행 내용	연구 성과
1차 년도	- 월간 공정회의 · 각종 공정회의 개최 건수 - 연구 성과 확산 · 발표회 개최 및 홍보 건수 - 일반·고속철도용 무선기반 열차제어시스템 정의 · 요구사항 분석 · ATP 제작사 선정 절차 추진 - 열차제어시스템 표준사양(안) 수립 · 요구사항 분석 및 상세계획 작성 · 워킹그룹 구성 절차 추진 · 표준화 목표, 대상, 범위 선정 · 국외 사례 조사 분석 · 하부시스템 요구사항 분석 · 공청회 세미나 개최 - 연구 성과 활용계획 · 활용방안 기본계획 수립 - 연구 성과 활용 가능노선 조사 분석 · 국내외 현황 분석 - 시범노선 구축계획 · 국내 노선별 기본조사 - 기존 신호시스템 상호(혼용)운영 현황 조사 및 분석 · 기존 신호시스템 상호(혼용)운영 현황 조사 · 국외철도 상호(혼용)운영 현황 조사	- 월간 공정회의 · 공정회의 - 연구 성과 확산 · 발표회 개최 및 홍보 - 일반·고속철도용 무선기반 열차제어시스템 정의 · 요구사항 분석 · ATP 제작사 선정 절차 추진→ 제작사 선정 - 열차제어시스템 표준사양(안) 수립 · 요구사항 분석 및 상세계획 작성 · 워킹그룹 구성 절차 추진 · 표준화 목표, 대상, 범위 선정 · 국외 사례 조사 분석 · 하부시스템 요구사항 분석 · 공청회 세미나 개최 - 연구 성과 활용계획 · 활용방안 기본계획 수립 - 연구 성과 활용 가능노선 조사 분석 · 국내외 현황 분석 - 시범노선 구축계획 · 국내 노선별 기본조사 - 고속철도, 일반철도, 도시철도 현황조사 : 8개 운영기관 17개 노선 - 국외철도 현황조사 : 9개국 13개 시스템 - 국외철도 사례분석(개발현황) : 터키, 영국(Crossrail, Thameslink), 프랑스(RER E) : Shift2Rail, ERTMS Regional 프로젝트
2차 년도	- 목표관리 · 각종 공정회의 개최건수 - 연구 성과 확산 · 발표회 개최 및 홍보물 제작 - 일반·고속철도용 무선기반 열차제어시스템 정의 · 철도운영기관의 니즈 분석 · 최신 기술동향 분석을 통한 요구사항 분석 수행 · 해외 기술동향 및 운영현황 파악 - 열차제어시스템 표준사양 수립을 위한 개발사양(안) 마련 · 요구사항 분석 및 상세계획 작성	- 목표관리 · 각종 공정회의 개최건수 - 연구 성과 확산 · 발표회 개최 및 홍보물 제작 - 일반·고속철도용 무선기반 열차제어시스템 정의 · 철도운영기관의 니즈 분석 · 최신 기술동향 분석을 통한 요구사항 분석 수행 · 해외 기술동향 및 운영현황 파악 - 열차제어시스템 표준사양 수립을 위한 개발사양(안) 마련 · 요구사항 분석 및 상세계획 작성 · 워킹그룹 구성

	· 워킹그룹 구성 · 표준화 목표, 분석 및 상세계획 작성 · 국외 사례 조사 분석 · 하부시스템 요구사항 분석 · 공청회 세미나 개최 – 연구 성과 활용계획 · 활용방안 상세계획 수립 – 연구 성과 활용 가능노선 조사 분석 · 중장기 계획 조사 분석 – 시범노선 구축계획 · 국내 노선별 기본조사 시행 · 적용 노선 상세계획 수립 – 열차제어시스템 상호(혼용)운영 현황조사 및 기술분석 · 국외 ETCS 및 CBTC 상호(혼용)운영 사례분석 · 열차제어시스템 연결선 구간 안전 확보방안 연구	· 표준화 목표, 분석 및 상세계획 작성 · 국외 사례 조사 분석 · 하부시스템 요구사항 분석 · 공청회 세미나 개최 – 연구 성과 활용계획 · 활용방안 상세계획 수립 – 연구 성과 활용 가능노선 조사 분석 · 중장기 계획 조사 분석 – 시범노선 구축계획 · 국내 노선별 기본조사 시행 · 적용 노선 상세계획 수립 – 상호(혼용)운영 사례분석 : ETCS 레벨 2 ↔ CBTC, ETCS 레벨 1 ↔ CBTC, ETCS 레벨 2 – 상호(혼용)운영 유형분석 : 지상설비 1↔차상설비 N, 차상설비 1↔지상설비 N – 이종시스템간 연결선 안전확보 방안 사례분석 : 분당선-신분당선 외 1개 노선 : 파리동부고속선 연결구간(TVM430-ETCS L2)
3차 년도	– 일반·고속철도용 무선기반 열차제어시스템 정의 · 기능 요구사항 정의 · 성능 요구사항 정의 – 열차제어시스템 표준사양 수립(안) 수립 · 워킹그룹 운영 · 법제화 지원 · 표준사양(안) 수립 – 연구 성과 활용 기본노선 조사 분석 · 노선별 상세분석 결과 – 열차제어시스템 상호(혼용)운영에 따른 운영방안 연구(1) · ETCS, CBTC 기능 요구사항 비교분석(1) · 열차제어시스템 표준사양 작성 지원 (레벨전환 절차연구)	– 일반·고속철도용 무선기반 열차제어시스템 정의 · 기능 요구사항 정의 · 성능 요구사항 정의 – 열차제어시스템 표준사양 수립(안) 수립 · 워킹그룹 운영 · 법제화 지원 · 표준사양(안) 수립 – 연구 성과 활용 기본노선 조사 분석 · 노선별 상세분석 결과 – ETCS 시스템 설치현황 조사 : 496개 노선 – 유럽 NGTC 프로젝트 보고서 분석 : ETCS, CBTC 기능요구사항 779건 비교 – 레벨전환 관련 유럽표준 분석 : Subset-035 v310(STM FFFIS) – 레벨전환 사례분석 (스위스-이탈리아, 스웨덴-노르웨이 사례) – 안전설비 적용방안 검토
4차 년도	– 열차제어시스템 표준사양 수립(안) 확정 · 표준사양 · 워킹그룹 운영 · 법제화 지원 · 해무차량을 이용한 시운전시험 운행 – 열차제어시스템 실용화 종합계획 · 연구성과 활용계획 – 열차제어시스템 상호(혼용)운영에 따른 운영방안연구(2) · ETCS, CBTC 기능요구사항 비교분석(2) · 열차제어시스템 표준사양 작성 지원	– 열차제어시스템 표준사양 수립(안) 확정 · 표준사양 · 워킹그룹 운영 · 법제화 지원 · 해무차량을 이용한 시운전시험 운행 – 열차제어시스템 실용화 종합계획 · 연구성과 활용계획 – 유럽 NGTC 프로젝트 최종결과물 분석 : ETCS + ATO 기능요구사항 분석 : The ERTMS/ETCS signalling system 분석 – 열차제어시스템 표준사양 작성지원

	(운영방안연구)	: 무선기반 열차제어시스템 운영기관 입장에서의 운영에 필요한 요구사항 도출

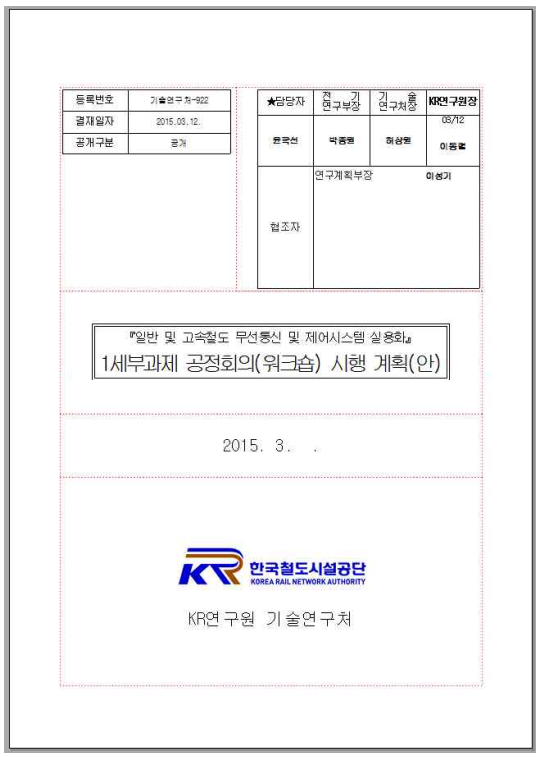
2. 연구 수행 내용별 주요 성과

가. 각 세부과제의 연구수행 총괄관리 및 성과 통합관리

"일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화"과제의 총괄관리를 위한 월간공정회의 등 각종회의 개최 및 홍보활동 등 연구 성과 확산을 위하여 업무 수행

1) 공정회의 추진실적

가) 1차년도



등록번호	기술연구처-922
결재일자	2015.03.12.
공개구분	공개

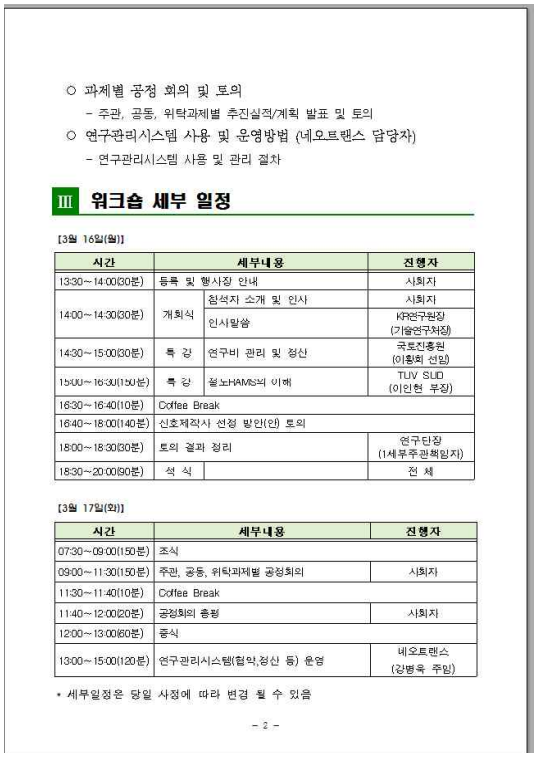
★담당자	참 여 연구부장	기 획 연구처장	KR연구원장
윤국선	박종원	허상원	03/12 이동훈
협조자	연구계획부장		이성기

『일반 및 고속철도 무선통신 및 제어시스템 실용화』
1세부과제 공정회의(워크숍) 시행 계획(안)

2015. 3. .

한국철도시설공단 KOREA RAIL NETWORK AUTHORITY

KR연구원 기술연구처



○ 과제별 공정 회의 및 토의
- 주관, 공동, 위탁과제별 추진실적/계획 발표 및 토의
○ 연구관리시스템 사용 및 운영방법 (네오트랜스 담당자)
- 연구관리시스템 사용 및 관리 절차

Ⅲ 워크숍 세부 일정

[3월 16일(월)]

시간	세부내용		진행자
13:30~14:00(30분)	등록 및 행사장 안내		사회자
14:00~14:30(30분)	개회식	참석자 소개 및 인사	사회자
		인사말씀	KR연구원장 (기술연구처장)
14:30~15:00(30분)	특 강	연구비 관리 및 정산	국토진흥원 (이철희 선임)
15:00~16:30(150분)	특 강	철도HAMS의 이해	TUV SUD (이인현 부장)
16:30~16:40(10분)	Coffee Break		
16:40~18:00(140분)	신호체작시 선정 방안(안) 토의		
18:00~18:30(30분)	토의 결과 정리		연구단장 (1세부주관책임자)
18:30~20:00(90분)	석 식		전 체

[3월 17일(화)]

시간	세부내용	진행자
07:30~09:00(150분)	조식	
09:00~11:30(150분)	주관, 공동, 위탁과제별 공정회의	사회자
11:30~11:40(10분)	Coffee Break	
11:40~12:00(20분)	공정회의 총평	사회자
12:00~13:00(60분)	중식	
13:00~15:00(120분)	연구관리시스템(협약,정산 등) 운영	네오트랜스 (강병욱 주임)

• 세부일정은 당일 사정에 따라 변경 될 수 있음

- 2 -

나) 2차년도



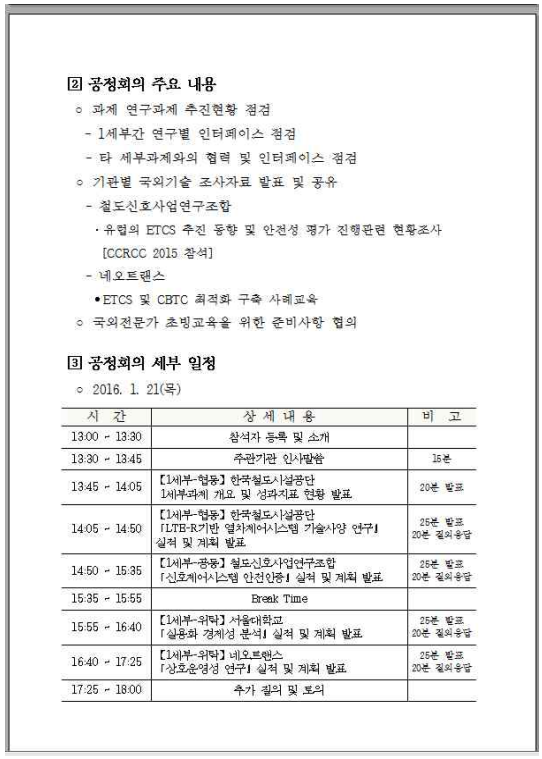
등록번호	기술연구처-225
결재일자	2016.01.20.
공개구분	공개

담당자	전기연구부장	기술연구처장
성동일	박종권	01/20 이성기
협조자	무선제어연구단장	윤덕선

국가R&D「무선통신 및 제어시스템 실용화」
1세부 공정회의 시행계획(안)

한국철도시설공단 KOREA RAIL NETWORK AUTHORITY

KR연구원 기술연구처



[2] 공정회의 주요 내용

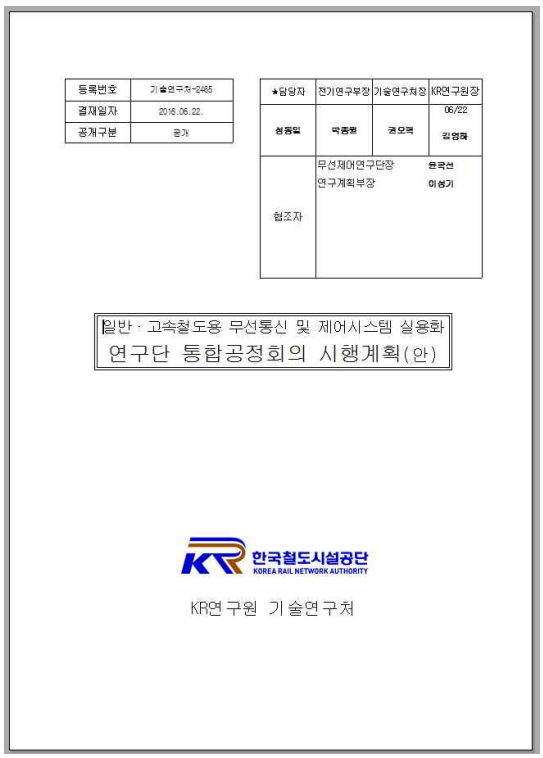
- ○ 과제 연구과제 추진현황 점검
  - 1세부간 연구별 인터페이스 점검
  - 타 세부과제와의 협력 및 인터페이스 점검
- ○ 기관별 국외기술 조사자료 발표 및 공유
  - 철도신호사업연구조합
    - · 유럽의 ETCS 추진 동향 및 안전성 평가 진행관련 현황조사 [CCRCC 2015 참석]
  - 네오트랜스
    - • ETCS 및 CBTC 최적화 구축 사례교육
- ○ 국외전문가 초빙교육을 위한 준비사항 협의

[3] 공정회의 세부 일정

- ○ 2016. 1. 21(목)

시 간	상 세 내 용	비 고
13:00 ~ 13:30	참석자 등록 및 소개	
13:30 ~ 13:45	주관기관 인사말씀	15분
13:45 ~ 14:05	【1세부-협동】 한국철도시설공단 1세부과제 개요 및 성과지표 현황 발표	20분 발표
14:05 ~ 14:50	【1세부-협동】 한국철도시설공단 「LTE-R기반 열차제어시스템 기술사양 연구」 실적 및 계획 발표	25분 발표 20분 질의응답
14:50 ~ 15:35	【1세부-공동】 철도신호사업연구조합 「신호제어시스템 안전인증」 실적 및 계획 발표	25분 발표 20분 질의응답
15:35 ~ 15:55	Break Time	
15:55 ~ 16:40	【1세부-위탁】 서울대학교 「실용화 경제성 분석」 실적 및 계획 발표	25분 발표 20분 질의응답
16:40 ~ 17:25	【1세부-위탁】 네오트랜스 「상호운영성 연구」 실적 및 계획 발표	25분 발표 20분 질의응답
17:25 ~ 18:00	추가 질의 및 토의	

다) 3차년도



등록번호	기술연구처-2465
결재일자	2016.06.22.
공개구분	공개

★담당자	전기연구부장	기술연구처장	KR연구원장
성동일	박종권	권오규	06/22 김영재
협조자	무선제어연구단장		윤덕선
	연구계획부장		이성기

일반 · 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화
연구단 통합공정회의 시행계획(안)

한국철도시설공단 KOREA RAIL NETWORK AUTHORITY

KR연구원 기술연구처



[3] 공정회의 세부 일정

- ○ 2016. 6. 28(화)

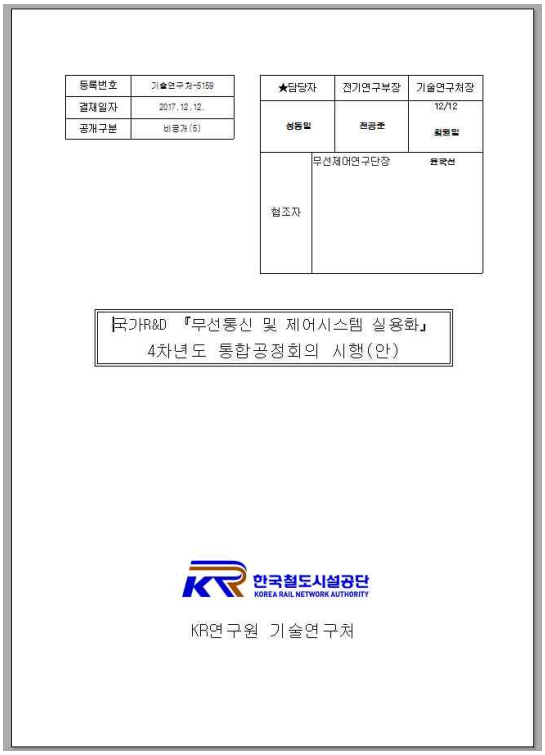
시간		세부내용	진행자
10:30 ~ 11:00	30′	등록 및 공정회의 안내	사회자
11:00 ~ 11:15	15′	참석자 소개 및 인사	사회자
11:15 ~ 11:25	10′	인사말씀	KR연구원장
11:25 ~ 12:00	25′	연구과제 추진현황	연구단장
12:00 ~ 13:00	60′	점심 식사	
13:00 ~ 14:40	100′	세부과제별 연구 추진계획	협동연구책임자 (세부과제 25분)
14:00 ~ 15:00	20′	Coffee break	
15:00 ~ 16:30	90′	한국형 열차제어시스템 설계/제작 및 추진계획	참여기업 3개사 (1개사 30분)
16:30 ~ 18:00	90′	SIL 4 안전성 인증 진행현황 및 추진계획	TUV-SUD

- ○ 2016. 6. 29(수)

시간		세부내용	진행자
09:00 ~ 10:20	80′	한국형 열차제어시스템 실용화 확대를 위한 종합계획 착수 보고	에이알텍 책임기술자 (질의응답 포함)
10:20 ~ 10:30	10′	Coffee break	
10:30 ~ 12:00	90′	연구성과의 국제적 공유 및 홍보를 위한 국제철도박람회 전시계획 협의	연구단장 (사회자)
12:00 ~ 13:00	60′	중식	
13:00 ~ 15:00	120′	세부과제별 연구범위 및 인터페이스 점검 - 신호분야 : 연구단↔참여기업 - 통신분야 : 연구단↔용역사	연구단장 (사회자)
15:00 ~		정리 및 복귀	

※ 상기 일정은 진행여건에 따라 변경될 수 있음

라) 4차년도



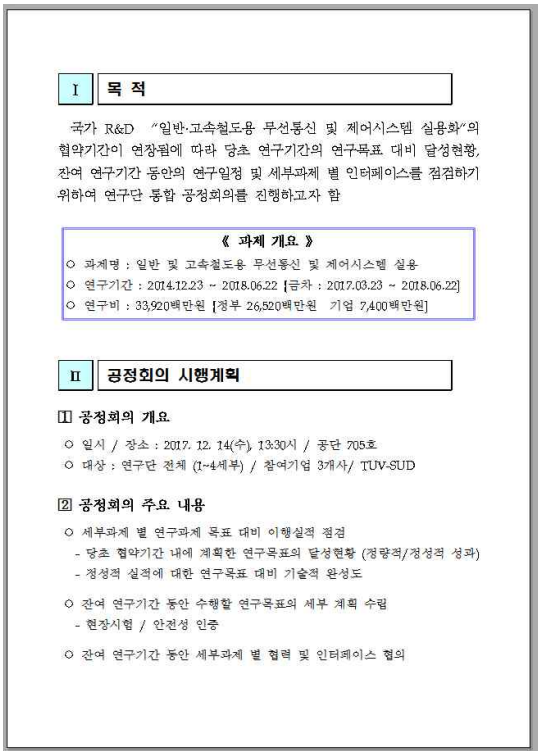
등록번호	기술연구처-5159
결재일자	2017. 12. 12.
공개구분	비공개(5)

★담당자	전기연구부장	기술연구처장
성동일	전용호	12/12 윤욱선
협조자	무선제어연구단장	윤욱선

국가R&D 『무선통신 및 제어시스템 실용화』
4차년도 통합공정회의 시행(안)

한국철도시설공단 KOREA RAIL NETWORK AUTHORITY

KR연구원 기술연구처



Ⅰ 목 적

국가 R&D "일반·고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화"의 협약기간이 연장됨에 따라 당초 연구기간의 연구목표 대비 달성현황, 잔여 연구기간 동안의 연구일정 및 세부과제 별 인터페이스를 점검하기 위하여 연구단 통합 공정회의를 진행하고자 함

《 과제 개요 》
○ 과제명 : 일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용
○ 연구기간 : 2014.12.23 ~ 2018.06.22 [금차 : 2017.03.23 ~ 2018.06.22]
○ 연구비 : 33,920백만원 [정부 26,520백만원 기업 7,400백만원]

Ⅱ 공정회의 시행계획

[1] 공정회의 개요
○ 일시 / 장소 : 2017. 12. 14(수), 13:30시 / 공단 705호
○ 대상 : 연구단 전체 (1~4세부) / 참여기업 3개사/ TUV-SUD

[2] 공정회의 주요 내용
○ 세부과제 별 연구과제 목표 대비 이행실적 점검
- 당초 협약기간 내에 계획한 연구목표의 달성현황 (정량적/정성적 성과)
- 정성적 실적에 대한 연구목표 대비 기술적 완성도
○ 잔여 연구기간 동안 수행할 연구목표의 세부 계획 수립
- 현장시험 / 안전성 인증
○ 잔여 연구기간 동안 세부과제 별 협력 및 인터페이스 협의

2) 신호분야 전문가 공청회 개최

○ 목적

열차제어시스템 국산화, 표준화, 국제화 방향에 대하여 철도신호관련 유관기관 및 단체에 대한 충분한 설명으로 대내외 공감대 형성 및 열차제어시스템 국산화의 성공적 추진하기 위함

○ 행사개요

- 주최기관 : 한국철도시설공단
- 후원기관 : 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 한국철도공사
- 일시/장소 : 2015. 4. 29. 10:30~18:00 / 대전컨벤션 센터
- 중점토론사항

·일반·고속철도용 열차제어시스템 국산화, 표준화, 세계화에 대한 신호분야 전문가 의견 수렴

·"도시철도용 KRTCS개발"과제와 중복성 부분에 대한 기술적 검토 및 해소

· 해외시장 진출 등 활용성을 높이기 위한 중점고려사항 논의

· 국제 표준에 부합하는 철도신호시스템 표준화 및 발전방향 등

○ 참석기관 : 30여개 기관 약120명

○ 공청회 발표자료

발표제목	발표자
해외철도신호 발전 동향 및 한국철도산업의 시사점	우송대학교 채** 겸임교수
도시철도용 KRTCS 개발 성과 및 향후 경쟁력 강화방안	철도기술연구원 김** 박사
한국철도공사의 신호분야 현황과 상호 운영성 확보 등 향후 경쟁력 강화방안	한국철도공사 박** 차장
일반고속철도용 무선기반 열차제어시스템 실용화 과제 추진방향 및 사업화 방안	철도시설공단 윤** 연구단장

○ 패널토론(신호분야 전문가 10인)

- 국토교통과학기술진흥원 이** 미래철도사업실장
- 서울과학기술대학교 이** 교수
- 우송대학교 박** 교수
- 한국철도공사 이** 부장
- 한국철도기술연구원 김** 박사
- 한국철도시설공단 정** 부장
- 한국철도시설공단 윤** 무선제어연구단장
- 한국철도신호기술협회 한** 회장
- 현대로템 강** 상무



등록번호	기술연구처-1655
결재일자	2015.04.23.
공개구분	공개

★담당자	책임연구부장	기술연구처장	KR연구원장
			04/23
외력선	박종원	허상원	이동렬
협조자	연구계획부장		이성기

「국가 철도망 열차제어시스템(KTCS) 국산화를 위한」
신호분야 전문가 공청회 시행 계획(안)

2015. 4. .

한국철도시설공단
KORE RAIL NETWORK AUTHORITY

KR연구원 기술연구처

한국철도시설공단

수신자 수신자참조
(경유)
제목 일반 및 고속철도용 무선기반 열차제어시스템(KTCS)" 국산화를 위한 철도신호분야 전문가 공청회 시행 알림 및 참석요청

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원하오며, 국가R&D "일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화" 관련입니다.

2. 위 관련으로 한국철도시설공단(일반고속철도 무선제어연구단) 주관으로 LTE-R을 이용한 열차제어시스템(KTCS: Korea Train Control System)의 국산화를 위하여 "국가 철도망 열차제어시스템(KTCS) 국산화, 표준화, 국제화" 라는 주제로 아래와 같이 전문가 공청회를 시행함을 알려드리오니, 본 과제의 참여연구원들은 참석하여 주시기 바랍니다.

가. 일 시 : 2015.04.29.(수) 10:30~18:00
나. 장 소 : 대전컨벤션센터 3층 컨퍼런스 홀(대전광역시 유성구 소재)
다. 참여기관 : 국토교통부 외 42개 기관
라. 공청회 주제 : 국가 철도망 열차제어시스템(KTCS) 국산화, 표준화, 국제화. 끝.

한국철도시설공단이사장

연합뉴스

전체기사

철도공단 열차제어기술 독립선언…시스템 개발 박차

열차제어시스템 (KTCS) 국산화를 위한 공청회

3) 무선제어연구단 홈페이지 운영

○ 일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화 과제의 연구성과 확산과 효과적인 홍보활동 추진을 위한 홈페이지 운영(http://ktcs.kr.or.kr)

○ 언론홍보, 연구성과 확산을 위한 자료공유 및 주요일정 게시 등



4) LTE-R의 성공적 적용을 위한 철도운영기관 합동회의 개최

○ 목적 및 사유

- 연구과제설명과 LTE-R관련 현안협의 및 운영자 요구사항 수렴을 위한 합동회의

○ 행사개요

- 주최기관 : 한국철도시설공단
- 일시/장소 : 2015. 5. 19. / 한국철도시설공단 본사 701호
- 참석자 : 지자체 및 철도운영기관 관계자 등 40명

○ 합동회의 발표자료

발표제목	발표자
일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화 현황 (LTE-R을 중심으로)	한국철도시설공단 윤** 연구단장
LTE-R의 기술개요 및 현안사항	한국전자통신연구원 조** 책임연구원
LTE-R 표준화의 중요성 및 추진현황	한국전자통신연구원 오** 책임연구원
철도운영기관 관점의 LTE-R 현안사항	한국철도공사 김** 차장

○ 패널토론(LTE-R관련 주요 이슈사항 협의 및 추진을 위한 토론)

- 한국철도시설공단 윤학선 무선제어연구단장
- 한국전자통신연구원 조한벽 책임연구원
- 한국철도공사 차장 김범곤, 차장 이헌수



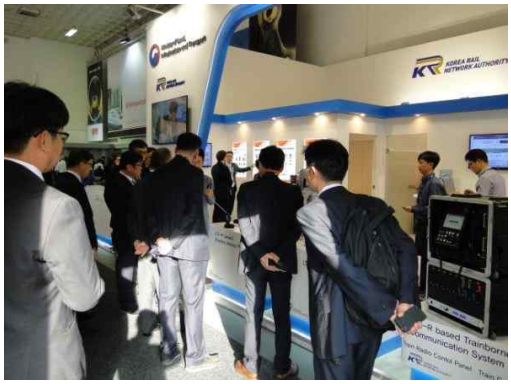
5) 홍보 및 전시[부록1-1-5]

가) INNOTRANS 2016 철도박람회 전시

국제 경쟁력 강화 및 선진철도 기술확보를 수행 중인 「일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화」국가R&D과제에 대한 국제 전시 및 유럽 기술과 교류를 위해 참석하여 과제 개발품 등을 전시 홍보하였다.

<제11회 이노트랜스 2016 박람회>
- 기간 : 2016.9.20.(화) ~ 9.23.(금)
- 장소 : 독일(베를린) 박람회장
- 내용 : 철도 차량, 부품, 시공, 전철, 신호·통신, 설계, 감리 등 철도산업 전 분야를 망라한 세계 최대 철도박람회

(1) 연구성과 홍보

<table>
<tr><th>구분</th><th>홍보내용</th><th>전시내용</th></tr>
<tr><td>신호분야</td><td>- LTE-R기반 열차제어시스템의 구성도 전시
- 시스템 개요, 차상·지상장치 전시</td><td rowspan="2">부스 1식, 판넬 10개,
동영상 모니터 3개 및
Speakers' Corner 개발품
발표 및 홍보</td></tr>
<tr><td>통신분야</td><td>- 판넬 전시
- LTE-R 시제품 전시(차상·휴대단말기, 차상안테나)
- 통신장비 1식 전시</td></tr>
<tr><td>사진자료</td><td colspan="2">   </td></tr>
</table>

(2) 출장성과

- 유럽선진기술과 동등한 국내기술력 확인
  * 유럽 : GSR기반 ETCS Level-2 확산단계
  * 중국: CTCS L3 착수단계(ETCS L2와 동일)
- LTE-R 우수성 홍보
  * 국내에 확보된 인프라 및 기술력을 활용한 철도무선시스템, 열차제어정보 및 음성, 고화질 영상데이터를 신속 정확히 송수신
- 기타
  * 국내 ATP는 물론 유럽 열차제어시스템(ETCS)와 호환, 통신방식 변경과 무관
- 22개국 70개사 500여명 방문 등
  * 내국인 : 주독일대사, 국토교통부 철도정책관, 국토교통과학기술진흥원장, 한국철도협회 부회장, 철도신호 및 정보통신 업계
  * 외국인 : 일본 국토교통부, 터키 철도건설 및 운영기관, 이란 철도건설기관, 유럽열차제어시스템 제작업체, 철도신호업체 및 통신업체

나) 한국철도학회 추계학술대회 특별세션 개최 및 부스 전시

(1) 한국철도학회 2016년 추계학술대회 특별세션 개최를 통해「일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화」국가R&D과제의 연구성과를 홍보

- 일시 : 2016.10.19.~22 (제주 휘닉스 아일랜드)

(가) 연구성과 홍보(발표 6건)

발표제목	발표자
무선제어 신호시스템 개발 현황 및 한국철도 적용 방안	한국철도시설공단 윤** 단장
KRTCS_2 안전성 평가 진행사항 및 향후계획	TUV코리아 오** 부장
CTC-RBC간 인터페이스 개발 사양	㈜엔비플러스 추** 이사
통합시험설비를 활용한 일반 및 고속철도용 KRTCS_2 지상-차상간 상호 호환성 검증	유경제어(주) 김** 선임
철도통신기술 국내외 표준화 동향	한국전자통신연구원 조** 책임
일반 및 고속철도용 LTE-R 시험망 구축 및 운용 현황	㈜케이티 성** 선임



연구성과 발표



ETRI 연구성과 발표



질의응답



무선제어연구단 단체사진

(2) 한국철도학회 2017년 춘계학술대회 특별세션 개최를 통해「일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화」국가R&D과제의 연구성과를 홍보하고 개발품 부스 전시

- 일시 : 2017.05.18.~20 (부산항 국제여객터미널 컨벤션센터)

(가) 연구성과 홍보(발표 6건)

시 간	특별세션 발표내용	발표자
13:30-14:00 (30분)	무선기반 열차제어시스템의 개발성과	한국철도시설공단 윤학선 단장
14:00-14:20 (20분)	열차제어시스템 제작 및 성능평가 성과	2세부 연구책임자 박주훈 차장
14:20-14:40 (20분)	철도전용 무선통신망 표준화 성과	3세부 연구책임자 조한벽 박사
14:40-15:00 (20분)	철도통합무선망 성능평가	4세부 연구책임자 김대연 이사
15:00-15:15 (15분)	열차제어시스템의 표준사양 성과 및 특징	한국철도시설공단 성동일 차장
15:15-15:30 (15분)	무선기반 열차제어시스템의 표준사양	한국철도시설공단 김찬호 연구원



무선열차제어시스템의 개발성과



열차제어시스템 제작 및 성능평가



철도전용 무선통신망 표준화 성과



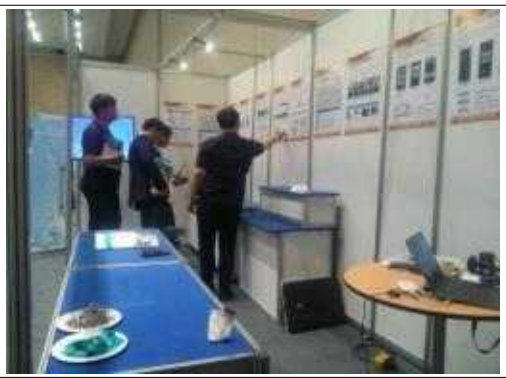
철도통합무선망 평가



열차제어시스템 표준사양 성과 및 특징



무선기반 열차제어시스템의 표준 사양

	
홍보판넬 전시 1	홍보판넬 전시2
	
홍보판넬 전시3	홍보판넬 전시4

가. 시스템 요구사항 수집·분석 및 정의 [부록1-2]

1) 무선기반 열차제어시스템 기능요구사항 정의 [부록1-2-1]

무선기반 열차제어시스템 기능요구사항을 정의하기 위하여 유럽 등 해외기술기준, 선행연구과제 성과, 기타 무선을 이용한 열차제어시스템에 대한 기능요구사항을 분석하고 철도시설관리자와 운영자의 요구사항 등을 연구하여 시스템 기능요구사항을 도출하였다.

가) 기능요구사항 수집·분석(방법론)

1.1.1.1.1. 국내외 열차제어시스템 기능요구사항 조사 분석

- 유럽 열차제어시스템(ERTMS/ETCS) 기능요구사항 기술 분석
- 도시철도용 열차제어시스템 기능요구사항 기술 분석
- CBTC 열차제어시스템 기능요구사항 기술 분석

1.1.1.1.2. 철도시설관리자 및 철도운영자의 요구사항 조사 분석

- 국내 운용 중인 열차제어시스템과 호환을 위한 필수 요구사항 반영
- 현재 운영 중인 시스템(ATP)와 연계운행이 가능하도록 기능요구사항 반영
- 국가 별 철도 운영의 고유값(입환속도, 퇴행운전 허용거리 등) 반영

1.1.1.1.3. 유럽기술규격 및 유럽 열차제어시스템과 호환이 가능하도록 기능 조사 분석

- 유럽철도연맹(ERA)에서 정한 기능 및 성능요구사항 충족하도록 검토
- 유럽 열차제어시스템(ETCS)의 기술규격(SUBSET) 반영 (패킷, 프로토콜 등)

* 유럽철도위원회 (ERA : Europe Railway Agency)

* 기능요구사항 (FRS : Functional Requirements Specification)

* 성능요구사항 (SRS : System Requirement Specification)

나) 연구 수행 결과

(1) 기능 분류

열차제어시스템의 핵심 및 필수기능인 열차의 안전운행을 확보할 수 있도록 기본기능과핵심기능을 필수요소(M : Mandatory)와 선택요소(O : Optional)로 구분하고 열차제어정보 전달 방식 및 열차위치 검지방법에 따라 다음 5가지 운영레벨로 분류하였다.

구분	정의
레벨 0	열차제어시스템이 설치되지 않은 노선 STM이 없는 열차제어시스템이 장착된 차량으로 운행하는 방식
레벨 1	고정발리스와 가변발리스의 불연속 전송매체를 이용하여 열차제어정보를 수신받아 차상장치에서 최적의 운전곡선을 생성하여 운행하는 방식
레벨 2	지상에는 고정발리스만 설치하고 데이터 통신이 가능한 무선을 이용하여 열차제어정보를 송수신받아 차상장치에서 운전곡선을 생성하여 운행하는 방식
레벨 3	데이터 통신이 가능한 무선을 이용하여 열차제어정보는 물론 송수신받아 차상장치에서 최적의 운전곡선을 생성하여 운행하며, 차상장치에서 위치검지(열차 무결성 포함) 기능을 갖추고 이동폐색으로 운행하는 방식
레벨 STM	기존 열차제어시스템이 설치된 구간에서 차상장치의 운전자표시장치에 열차운행정보를 제공하는 운전하는 방식

(2) 열차제어시스템의 운영모드 분류

유럽표준, 국내 ATP(열차자동방호장치) 운영사항을 분석하여 열차의 운전 상태에 따라 적용할 수 있는 16개의 모드를 분석하여 10개 운전모드를 적용하는 것으로 분류하였다.

(3) 무선기반 열차제어시스템의 구성 및 장치

- 차상장치 : 차상컴퓨터(KVC), 발리스 안테나모듈, 운전자표시장치(DMI), 기록계(JRU), 차량 인터페이스장치(TIU)
- 지상장치 : 시스템 레벨에 따라 다음과 같이 구분한다.
  · Level 1 : 고정폐색(궤도회로), 발리스(가변, 고정), 선로변제어유니트(가변 제어용)
  · Level 2 : 고정폐색(궤도회로), 발리스(고정), 무선폐색센터, 양방향 통신망
  · Level 3 : 이동폐색, 발리스(고정), 무선폐색센터, 양방향 통신망

(4) 상호운영 기능을 확보할 수 있도록 기능요구사항(FRS)에 정의된 기능 중에서 필수기능은 모두 수용하여 구현하고 선택사항 중에서 열차안전운행에 필요한 사항도 반영하여 다음과 같이 정의하였다.

- 350㎞/h 속도에서 열차의 충돌·추돌을 방지하고, 안전하게 제어 가능하여야 한다.
- 현재 국내 운영 중인 열차제어시스템에 장애를 발생시키지 않고 단독 또는 병행하여 운영이 가능하여야 한다.
- 궤도회로를 이용하여 취득한 궤도점유정보를 활용하여 열차를 제어하여야 한다.
- 단선 또는 복선에 관계없이 양방향 운전이 가능하여야 한다.
- 열차제어 또는 시설관리에 필요한 안전설비의 동작정보를 이용하여 신속하고 정확하게

열차를 제어할 수 있어야 한다.

- ETCS 기반의 시스템은 물론 타 시스템과 연계되는 노선에서 레벨전환 기능을 갖추어야 한다.

[표 3-1] 차상 및 지상장치의 기본 구성 및 요구사항

구분	차상장치(On-Board Unit)	지상장치(Track Equipment)
기본 구성	- 차상컴퓨터(KVC) - 발리스 전송 모듈(BTM) - 운전자표시장치(DMI) - 차량제어인터페이스(제동,팬터그래프 등) 기록계, 속도계 등 - LTE-R 무선 송수신장치	- 무선폐색제어센터 (RBC) - 발리스(고정) - 기존 지상장치 (전자연동장치, 폐색장치, 궤도회로장치 등)
요구 조건	- 이동권한을 전송받아 동적속도 프로파일(DSP)을 연산하는 기능 - ETCS의 16개 모드(2.3.0d 기준) 가능	- 궤도점유정보를 이용하여 이동권한 및 정적속도프로파일(SSP)을 생성하는 기능 - 소프트웨어는 안전성, 유지보수성 등을 고려하여 설계

1) 무선기반 열차제어시스템 성능요구사항 정의 [부록1-2-2]

한국형 무선기반 열차제어시스템은 유럽시스템(ETCS)를 기반으로 개발되므로 유럽기술규격(SUBSET)을 준수하여 작성할 필요가 있다. 다만, 유럽은 2세대 통신기술인 GSM-R을 사용하고 본 과제에서는 4세대 통신기술인 LTE-R을 사용하므로 이에 대한 기술사항과 국내 철도운영 환경을 반영한 기능 및 국가 설정값 등 세부 사항만 변경하여 성능요구사항을 정의하였다.

가) 성능요구사항 수집·분석(방법론)

(1) 국내외 열차제어시스템 기능요구사항 조사 분석

- 유럽 열차제어시스템(ERTMS/ETCS) 기능요구사항 기술 분석
- 도시철도용 열차제어시스템 기능요구사항 기술 분석
- CBTC 열차제어시스템 기능요구사항 기술 분석

(2) 철도시설관리자 및 철도운영자의 요구사항 조사 분석

- 국내 운용 중인 열차제어시스템과 호환을 위한 필수 요구사항 반영
- 현재 운영 중인 시스템(ATP)와 연계운행이 가능하도록 기능요구사항 반영
- 국가 별 철도 운영의 고유값(입환속도, 퇴행운전 허용거리 등) 반영

(3) 유럽기술규격 및 유럽 열차제어시스템과 호환이 가능하도록 기능 조사 분석

- 유럽철도연맹(ERA)에서 정한 기능 및 성능요구사항 충족하도록 검토
- 유럽 열차제어시스템(ETCS)의 기술규격(SUBSET) 반영 (패킷, 프로토콜 등)

* 유럽철도위원회 (ERA : Europe Railway Agency)

* 기능요구사항 (FRS : Functional Requirements Specification)

* 성능요구사항 (SRS : System Requirement Specification)

나) 연구 수행 결과

(1) 한국형 LTE-R기반 열차제어시스템(KRTCS_2_2)의 주요 성능요구사항

- 열차제어정보 전송지연시간 : 열차 제어 데이터 서비스의 열차의 제어권 정보는 열차가 최대 350km/h 고속으로 이동하는 전파 환경에서 폐색 센터와 차량열차 이동국 간 무선 구간에서 300msec 이내에 전달되어야 한다.

- 데이터 수신 성공률 : 열차가 최대 350km/h의 고속으로 이동하는 전파 환경에서 평균 99%이상의 데이터 수신 성공률을 제공하여야 한다.

- 핸드오버 성공률 : 열차 제어 정보, 음성 통화 서비스의 음성, 데이터 서비스의 데이터 및 영상 서비스의 영상 정보의 전달은 끊김이 없어야 하고, 최대 350km/h의 고속으로 이동하는 전파 환경에서 핸드 오버 성공율은 평균 99% 이상이어야 한다.

- 폐색센터와의 연동 : 열차 운행정보의 수집 및 열차 제어정보의 전달을 위해 폐색센터와 LTE-R 코아망과의 인터페이스를 제공하여야 한다.

- 열차제어 데이터 전송 지연 : 폐색센터에서 생성된 제어권 정보가 LTE-R 무선통신망의 LTE-R 코어망과 LTE-R 무선 액세스 망을 통해 열차 이동국까지 도달하는데 소요되는 시간을 300ms 초 내 최소화한다.

- 열차제어데이터 수신 성공률 : 350km/h 환경에서 99.9% 이상이 되어야 한다.

- 폐색센터 전송 : 열차제어 데이터 서비스는 폐색센터와 열차 이동국 간 열차 제어권 정보를 LTE-R 무선통신망을 통해 전송함으로서 이루어지며, 이를 위해서 발리스로 부터 차상장치로 전달된 데이터 그램 정보를 폐색센터에 전달하는 절차로 동작되어야 한다.

- 폐색센터와 LTE-R 무선통신망 간의 연동 구조 : 폐색센터와 LTE-R 무선통신망 연동 구조는 폐색센터의 STU와 LTE-R 무선통신망의 P-GW와 접속을 통해 연결된다.

(2) 열차제어시스템(KRTCS_2) 개발과정의 기능 및 성능요구사항 반영 확인

- 열차제어시스템 컨소시엄 참여기업은 기본적으로 ETCS Subset에 나타난 기능요구사항과 성능요구사항을 만족하는 시스템 설계 및 기본 제작을 진행하였다

- 각 컨소시엄 참여기업은 과제 수행 기간에 인터페이스 회의, 표준사양 협의, 장치별 인터페이스 회의, 자문회의를 통해 추가 되거나 수정된 사양을 반영하여 Upgrade하였다

- 컨소시엄 참여기업과 주기적인 표준사양회의 및 유경제어㈜에서 실시하는 충분한 통합시험(ETCS Subset-094 시험시나리오)을 통해 기능요구사항 및 성능요구사항이 추가 반영되도록 하였다.

- 유럽기술규격(SUBSET)의 구성 및 목록을 근거로 요구사항 반영 결과

No	Reference	Title	반영	일부 반영	미 반영	사 유
1	ERA/ERTMS/003204	ERTMS/ETCS Functional Requirements Specification	○			
3	SUBSET-023	Glossary of Terms and Abbreviations	○			
4	SUBSET-026	System Requirement Specification	○			
5	SUBSET-027	FFFIS Juridical Recorder-Downloading Tool		○		JRU 프로그램 일부 수정 후 반영
6	SUBSET-033	FIS for Man-Machine Interface		○		MMI 일부 수정 후 반영
7	SUBSET-034	FIS for the Train Interface	○			

No	Reference	Title	반영	일부 반영	미 반영	사 유
8	SUBSET-035	Specific Transmission Module FFFIS	○			
9	SUBSET-036	FFFIS for Eurobalise	○			
10	SUBSET-037	Euroradio FIS			○	국내 미 적용
11	SUBSET-038	Offline Key management FIS	○			
12	SUBSET-039	FIS for the RBC/RBC Handover	○			
13	SUBSET-040	Dimensioning and Engineering rules		○		규정 일부 반영
14	SUBSET-041	Performance Requirements for Interoperability		○		상호운영성 요구조건 일부 반영
15	SUBSET-108	Interoperability-related consolidation on TSI annex A documents		○		일부 반영
16	SUBSET-044	FFFIS for Euroloop sub-system			○	국내 미 적용
18	SUBSET-046	Radio In-fill FFFS			○	국내 미 적용
19	SUBSET-047	Track-side-Trainborne FIS for Radio In-Fill			○	국내 미 적용
20	SUBSET-048	Trainborne FFFIS for Radio In-Fill			○	국내 미 적용
21	SUBSET-049	Radio In-Fill FIS with LEU/Interlocking			○	국내 미 적용
23	SUBSET-054	Assignment of values to ETCS variables		○		ETCS 변수 일부 반영
25	SUBSET-056	STM FFFIS Safe Time Layer		○		일부 반영
26	SUBSET-057	STM FFFIS Safe Link Layer		○		일부 반영
27	SUBSET-091	Safety requirements for the Technical Interoperability of ETCS in Levels 1 &2	○			
28	Reserved	Reliability – Availability requirements	○			
29	SUBSET-102	Test specification for interface "k"	○			
31	SUBSET-094	UNISIG Functional Requirements for an On-Board reference Test Facility	○			
32	EIRENE FRS	GSM-R Functional Requirements Specification		○		GSM-R의 일부 기능 요구, 수치 참조하여 반영
33	EIRENE SRS	GSM-R System requirements Specification		○		GSM-R의 일부 기능 요구, 수치 참조하여 반영
34	A11T6001 12	(MORANE) Radio Transmission FFFIS for EuroRadio		○		GSM-R의 일부 기능 요구 일부 참조 반영
36c	SUBSET-074-2	FFFIS STM Test cases document	○			
37b	SUBSET-076-5-2	Test cases related to features	○			
37c	SUBSET 076-6-3	Test sequences	○			

No	Reference	Title	반영	일부 반영	미 반영	사 유
37d	SUBSET-076-7	Scope of the test specifications	○			
38	06E068	ETCS marker-board definition		○		KRTCS_2-II에 맞게 일부 조정하여 반영
39	SUBSET-092-1	ERTMS EuroRadio Conformance Requirements		○		무선통신 전송방법 일부 참조 후 반영
40	SUBSET-092-2	ERTMS EuroRadio Test cases Safety layer		○		무선통신 전송방법 일부 참조 후 반영
43	SUBSET-085	Test Specification for Eurobalise FFFIS		○		무선통신 전송방법 일부 참조 후 반영
44	Reserved	Odometry FIS	○			
45	SUBSET-101	Interface "K" Specification	○			
46	SUBSET-100	Interface "G" Specification	○			
48	Reserved	Test specification for mobile equipment GSM-R			○	
49	SUBSET-059	Performance requirements for STM		○		STM 성능요구사항 일부 반용
50	SUBSET-103	Test specification for EUROLOOP			○	
52	SUBSET-058	FFFIS STM Application Layer		○		STM 통신 프로토콜 일부 수정 반영
62	Reserved	RBC-RBC Test specification for safe communication interface	○			
63	SUBSET-098	RBC-RBC Safe Communication Interface	○			
64	EN301515	Global System for Mobile Communication; Requirements for GSM operation on railways		○		GSM-R의 일부 요구사항 반영
65	TR102281	Detailed requirements for GSM operation on railways		○		GSM-R의 일부 요구사항 반영
66	(MORANE) A01T0004	ASCI Options for Interoperability		○		상호운영성 ASCI option은 일부 반영
68	ETSI TS102610	Railway Telecommunication; GSM; Usage of the UUIE for GSM operation on railways		○		GSM-R의 일부 요구사항 참조하여 반영
69	(MORANE) F10T6002	FFFS for Confirmation of High Priority Calls		○		국내 실정이 맞게 Priority Calls 수정 반영(선택사항)
70	(MORANE) F12T6002	FIS for Confirmation of High Priority Calls		○		국내 실정이 맞게 Priority Calls 수정 반영(선택사항)
71	(MORANE) E10T6001	FFFS for Functional Addressing		○		일부 반영
72	(MORANE) E12T6001	FIS for Functional Addressing	○			

No	Reference	Title	반영	일부 반영	미 반영	사 유
73	(MORANE) F10T6001	FFFS for Location Dependent Addressing		○		일부 반영
74	(MORANE) F12T6001	FIS for Location Dependent Addressing	○			
75	(MORANE) F10T6003	FFFS for Presentation of Functional Numbers to Called and Calling Parties		○		일부 반영
76	(MORANE) F12T6003	FIS for Presentation of Functional Numbers to Called and Calling Parties		○		일부 반영
77	ERA/ERTMS/033281	Interfaces between CCS track-side and other subsystems		○		CCS Trackside와 다른 장치간 인터페이스는 일부 수정 반영
78	Reserved	Safety requirements for ETCS DMI functions	○			

다. 정부부처 등 관계기관과의 협의를 통한 열차제어시스템 표준사양 확정

1) 워킹그룹 운영

국가R&D “일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화”연구 과제의 추진방향, 정책자문 및 표준사양의 적정성 검토를 위하여 워킹그룹을 운영하였다.

가) 워킹그룹 선정기준(내,외부 전문가)

- (외부) 관련분야의 대학교수 등 전문가, 철도공사 관련분야 처장
- (내부) 사업부서의 신호 및 통신분야 처장

  * (공단)기술본부 및 (공사)전기기술단의 신호/통신 분야 당연직 처장

1.1.1.1. 워킹그룹 자문위원

구분	소 속	직 위	성 명	비 고
[통신분야]				
외부	연세대학교	교수	정**	한국통신학회(KICS) 임원
	목원대학교	교수	박**	재난안전통신망 위원장
	동의과학대학교	교수	송**	미래부 전파정책자문위원
	한국정보통신기술협회	팀장	최**	재난안전통신망 인증팀장
	한국철도기술연구원	선임연구원	김**	1단계 LTE-R 참여연구원
	한국철도공사	정보통신처장	임**	운영기관
내부	한국철도시설공단	전자통신처장	김**	사업기관
[신호분야]				
외부	광운대학교	교수	최**	공학박사
	부산김해경전철운영(주)	대표이사	고**	철도신호기술사
	우송대학교	교수	박**	공학박사, 철도신호기술사
	서울특별시	과장	김**	신호과장
	철도기술연구원	책임연구원	류**	철도신호기술사
	한국철도공사	신호제어처장	김**	운영기관
내부	한국철도시설공단	신호부장	송**	사업기관

1.1.1.1.1. 자문회의 시행회수 : 총 4회(내,외부 전문가)

- 2016. 11. 16. : 제2회 워킹그룹 자문회의
- 2017. 01. 13. : 열차제어시스템 표준사양을 위한 기술자문회의
- 2017. 02. 02. : 제3회 워킹그룹 자문회의
- 2017. 09. 22. : 제4회 워킹그룹 자문회의

1.1.1.1.2. 워킹그룹 운영에 따른 연구과제 분야별 효과

자문안건 등에 대한 전문분야 자문위원들의 의견으로'일반 및 고속철도용 무선통신 및 실용화'과제 진행에 있어 정책 결정 및 법제화 추진에 기여하였다.

1.1.1.1.2.1. 신호분야 : LTE-R 기반 열차제어시스템의 기술 완성도 향상

- 유럽열차시스템과 완벽한 호환을 위한 기술방향 제시
- 실용화 및 사업화에 필요한 사항을 점검하여 국가기관에 제안하기 위한 기초 틀 마련
- 한국형 무선기반 열차제어시스템의 표준사양 마련을 위한 개발사양의 기술 수준 향상

1.1.1.1.2.2. 통신분야 : 무선통신망(LTE-R)과 재난안전통신망(PS-LTE)와 연동방안 모색

- 통신분야 개발품의 보안성 검증방안 마련
- 700MHz 동일대역을 사용하는 LTE-R과 PS-LTE간 상호 간섭 영향 측정 및 연동기술 검증 을 위한 시험절차서 마련

1) 표준사양(개발사양서)의 작성을 위한 활동

1.1.1.1.2.2.1. 열차제어시스템 표준사양(안) 검토회의 개최

- 일시/장소 : 2016.7.7. 14시 / 한국철도신호기술협회
- 주요내용 : 표준사양(안)의 취지, 제·개정 절차 설명 및 국내 철도 요구사항 등

1.1.1.1.2.2.2. 열차제어시스템 표준사양(안)에 대한 워킹그룹 자문회의

- 일시/장소 : 2016.11.16. 14시 / 한국철도시설공단
- 주요내용 : 열차제어시스템 표준사양(안) 추진방향, 정책자문 및 성과 적정성에 대한 기술자문

1.1.1.1.2.2.3. 열차제어시스템 표준사양(안) 개발을 위한 1차 기술 자문회의

- 일시/장소 : 2016.11.24. 14시 / 한국철도공사
- 주요내용 : RBC-CTC-EIS간 인터페이스 방법, RBC-RBC간 배치방법에 대한 기술자문

1.1.1.1.2.2.4. 열차제어시스템 기능 및 성능요구사항, 표준사양(안) 기술 검토 회의

- 일시/장소 : 2016.12.21. 10시 / 한국철도시설공단
- 주요내용 : 기능 및 성능요구사항 , ETCS L2 국내 도입시 안전설비 적용 방안 검토

1.1.1.1.2.2.5. 열차제어시스템 표준사양(안) 추진사항 검토회의

- 일시/장소 : 2017.1.9. 15시 / 한국철도시설공단
- 주요내용 : 기술수준, 보완 및 추가 필요사항 검토, 기타 추가 기술자문회의 안건 발굴 등

1.1.1.1.2.2.6. 열차제어시스템 표준사양(안) 개발을 위한 기술 자문회의

- 일시/장소 : 2017.1.13. 09시 / 대전 굿모닝 레지던스 휴

- 주요내용 : 차상장치/지상장치 기능요구 및 성능요구사항 에 대한 기술자문

1.1.1.1.2.2.7. 열차제어시스템(KRTCS_2-2) 개발사양 기술검토 회의

- 일시/장소 : 2017.2.2. 14시 / 유경제어(주)

- 주요내용 : 열차제어시스템 기능요구사양의 일반사항 중 용어정의 내용 협의 및 기능요구사양의 일반요구조건 및 기본 기능 요구조건 협의 등

1.1.1.1.2.2.8. 열차제어시스템 표준사양(안)에 대한 워킹그룹 자문회의

- 일시/장소 : 2017.2.2. 15시 / 한국철도시설공단

- 주요내용 : 열차제어시스템(KRTCS_2-2) 표준사양의 적정성 및 데이터 요구 수준 등

1.1.1.1.2.2.9. 열차제어시스템(KRTCS_2-2) 개발사양 기술검토 회의

- 일시/장소 : 2017.2.9. 10시 / 유경제어(주)

- 주요내용 : 차상/지상장치 요구조건과 사항 협의 및 기술검토 논의사항 협의 등

1.1.1.1.2.2.10. 열차제어시스템 표준사양 기술검토를 위한 전문가 자문회의

- 일시/장소 : 2017.2.23. 13시 / 한국철도시설공단

- 자문위원 : 한국시설안전연구원 이** 원장(우송대 대학원 겸임 교수)

- 주요내용 : 철도운전규정과 신호시스템과의 연관분야(시설, 차량, 운전, 토목 등) 협의

1.1.1.1.2.2.11. 열차제어시스템 표준사양 기술검토 회의

- 일시/장소 : 2017.4.26. 14시 / 한국철도시설공단

- 자문위원 : 1,2세부 협동, 공동, 위탁, 참여기업(구성원사포함) 연구책임자

- 주요내용 : 최종(안) 검토 회의

1.1.1.1.2.2.12. 열차제어시스템 표준사양 제정을 위한 공청회

○ 일시 : 2017. 05. 16(화) 14시~

○ 장소 : 한국철도시설공단 대강당 (2층)

○ 참석기관 : 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 철도공단/철도공사, 서울시 등
철도기술연구원, 한국전자통신연구원, 한국정보통신기술협회, 공공통합망포럼,
한국철도신호기술협회, 철도신호사업연구조합, 서울대, 광운대, 서울과학기술대, 우송대,
교통대, 현대로템, LS산전, 포스코건설, 국토매일, 전기신문 약 113명

○ 일반·고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화 과제 연구성과,

○표준사양 공청회

- 표준사양 발표 : 목적, 범위, 시스템 설명, 기술사양, 프로토콜 등

- 질의 응답 (연구진의 참석자 대상 답변)

○ 연구성과 발표 및 개발품 전시

- 표준화 및 사업화방안

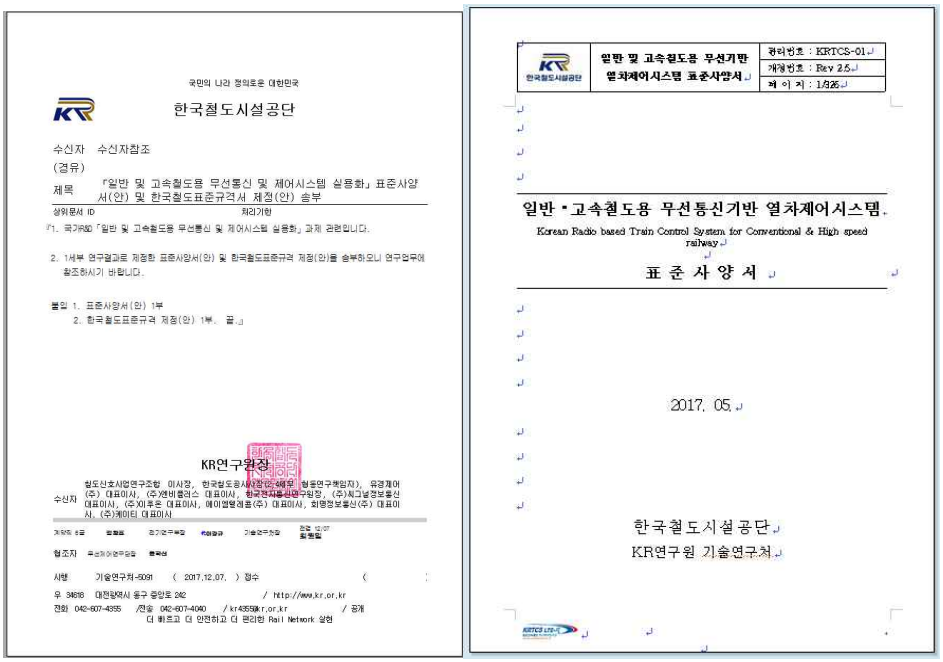
- LTE-R기반 열차제어시스템 제작 및 성능평가 연구성과

- 철도전용 무선통신망 표준화 연구성과

- 철도전용 무선통신시스템 기술 개발 및 성능평가 연구성과



1.1.1.1.2.2.12. 열차제어시스템 표준사양 확정 배부(2017.12.07.)



3) 열차제어시스템(KRTCS_2) 표준사양의 주요 내용

가. 열차제어시스템(KRTCS-2) 구성, 기능 및 역할

구 분	구 성	기능 및 역할
차상 시스템	차상컴퓨터(KVC) (Korea Vital Computer)	- 지상 RBC와 무선을 통하여 이동권한 및 열차간 안전거리 간격을 확보를 위해 열차운행을 관리하는 컴퓨터 시스템이다
	안전전송모듈(STU) (Safety Transmission Unit)	- 차상의 정보를 지상 RBC로 송신할 때 전송하는 정보를 암복호화하여 보내는 기능을 가진 장치이다.

구 분	구 성	기능 및 역할
	기존 설비 호환장치(STM) (Specific Transmission Module)	- 국내 ATP 시스템에서 KRTCS_2로 절체하는 단계에서 KRTCS_2 부적합 노선에서 필요하게 되는 해독장치이다.
	발리스 전송장치(BTM) (Balise Transmission Module)	- 차상 하부에 탑재되어 지상의 발리스로부터 읽은 텔레그램을 차상 KVC와 인터페이스하기 위한 장치이다.
	주행기록장치(JRU) (Juridical Recoding Unit)	- 차상 KVC의 운행정보를 기록하는 장치로서 주요 운행관련 정보가 기록된다.
	열차인터페이스장치(TIU) (Train Interface Unit)	- 차상장치 내부에서 필요한 정보를 판독하고 판독된 정보를 차상 KVC와 열차 기타장치 또는 기관사 표시장치에 제공되도록 하는 장치이다.
	속도계 (Odometry)	- 주행거리를 측정하기 위해 센서로부터 얻은 정보를 토대로 차량의 속도와 위치를 측정하는 장치이다.
	운전자 표시장치(DMI) (Driver Machine Interface)	- 차상 운행과 관련된 정보를 입력 또는 실시간으로 현시하기 위한 운전자 인터페이스 장치이다.
지상 시스템	무선폐색제어센터(RBC) (Radio Block Center)	- 지상시스템에서 수신한 정보와 차상시스템과 교환한 정보에 근거하여 메시지를 구성하는 컴퓨터 시스템이다. - 정보 교환은 무선통신 방식에 의한다.
	안전전송모듈(STU) (Safety Transmission Unit)	- 지상 RBC의 정보를 차상 KVC로 송신할 때 전송하는 정보를 암복호화하여 보내는 기능을 가진 장치이다.
	고정 발리스(FB) (Fixed Balise)	- 차상장치로 텔레그램을 전송하기 위한 장치이다. - 발리스 자체에 저장된 텔레그램을 송신하는 장치로 고정적인 정보를 차상에 제공한다. - 각각의 발리스에 의해 메시지를 정의하는 텔레그램의 조합으로 그룹화한다.
	무선통신 네트워크 인터페이스 장치	- 차상 설비와 지상설비와의 양방향 메시지 교환한다.

나) 데이터 규칙

(1) 무선통신(LTE-R) 메시지 표준형식

[차상에서 지상으로의 무선메세지 표준 형식]

내용	STX	Length	Sequence	Opcode	SaCEPID	열차제어데이터	CRC32	ETX
Byte	1	2	1	1	3	n	4	1

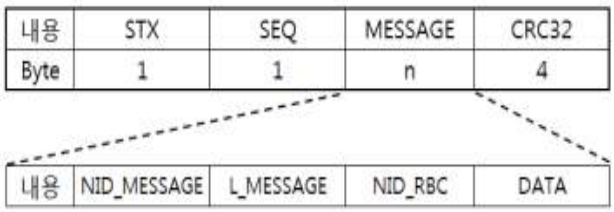
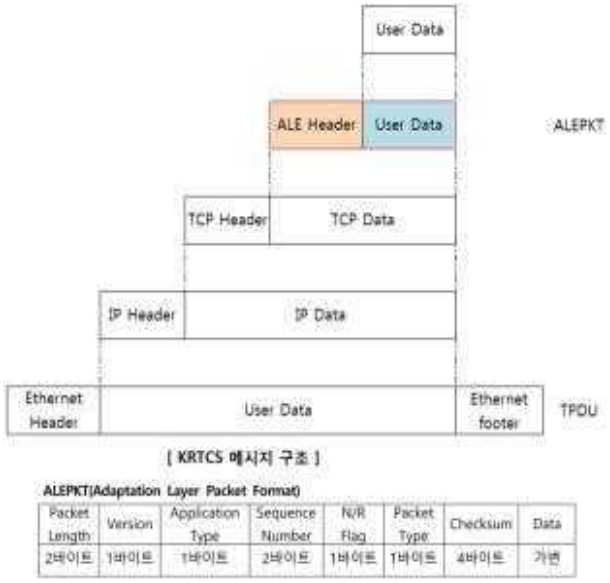
No	변수	비고
1	NID_MESSAGE	메시지 ID 번호
2	L_MESSAGE	모든 것(필드 1 에서 패딩까지)을 포함하는 메시지 길이.
3	T_TRAIN	열차로부터의 타임 스탬프 (3 장 – 데이터 일관성 참조).
4	NID_ENGINE	열차 ID.
5	Variables as required by NID_MESSAGE	이 메시지에 대해 필요하다면, 패킷에 포함되지 않은 변수를 보낼 때 사용.
6	Packet 0 or 1	열차 대 선로 패킷 유형 0 – 위치 보고, 혹은 패킷 유형 1 - 2 개의 발리스 그룹에 기초한 위치 보고. 메시지 146, 154, 155, 156 및 159 에 포함되지 않음.
7	Other Packets as required by NID_MESSAGE	(메시지 129 에 대해서만)
8	Optional packets	
	Padding	필요시

[지상에서 차상으로의 무선메세지 표준 형식]

내용	STX	Length	Opcode	SaCEPID	열차제어데이터	CRC32	ETX
Byte	1	2	1	3	n	4	1

No	변수	비고
1	NID_MESSAGE	메시지 ID 번호
2	L_MESSAGE	모든 것(필드 1 에서 패딩까지)을 포함하는 메시지 길이.
3	T_TRAIN	RBC 로부터의 타임 스탬프 (3 장 – 데이터 일관성 참조).
4	M_ACK	메시지가 차상 장비에 의해 인정되어야 하는 지를 표시한다 (메시지 n° 146).
5	NID_LRBG	LRBG 의 ID 번호.
...	변수 s as required by NID_MESSAGE	이 메시지에 대해 필요한 경우, 패킷에 포함되지 않은 변수를 보낼 때 사용됨.
...	packets as required by NID_MESSAGE	이 메시지에 대해 필요한 경우.
	Optional packets	이 문서의 8.4.4.4 절을 참조한다.
	Padding	필요한 경우.

– 장치간 송수신 데이터 구조

구 조	내 용
 [RBC와 CTC간 통신 데이터 프레임 구조]	– STX : 메시지 프레임의 시작을 나타낸다 – SEQ : 메시지 전송순서를 나타낸다. – 최초 연결 및 초기화에는“0”을 전송 – 1~255 까지 값을 가지며, 메시지 프레임 전송이 성공하면 시퀀스 번호는 하나씩 증가 – 255 이후에는 다시 1부터 시작 – MESSAGE : 메시지 ID, 길이, RBC ID, 제어 Data로 구성 – CRC32 : 데이터 검증을 위한 CRC32 체크값을 전송
 [RBC와 RBC간 통신 패킷 메시지 구조]	– Packet Length : 패킷 전체 길이 – Application Type : 상위 Application의 Type을 나타내는 영역 – Sequence Number : ALE 계층의 수신 측에서 두 개의 Active TCP 접속간의 전환 관리용 시퀀스번호 – N/R Flag : Normal Link와 Redundant Link를 구분하기 위한 영역으로 송신자에 의해 설정 – Packet Type : ALE 계층에서 수신한 패킷에 대해 적절한 처리를 하는데 사용 – Checksum : ALE 헤더의 오류를 검출하기 위해 사용 – Data : ALE Connection 정보, Safety Connection 정보, RBC-RBC Application User Data 등의 정보

라. 열차제어시스템 안전성 평가(SIL4 인증 획득) [부록1-4]

1) 안전 요구사항 수집, 분석 및 정의

가) 안전성평가 추진 체계

(1) 인증 대상 선정 : 열차제어시스템 제작사 선정

* 국토부, 사업자, 운영자 요구에 따라 복수 업체로 선정하되 SIL인증은 1개업체이상 인증 취득 결과로 평가(2014.12월 과제 추진 전략 회의 시 결정)

(2) 인증 범위 : 차상장치(ATP, BTM), 지상장치(RBC)

(3) 인증지원체계 : 철도신호사업연구조합이 해외인증기관과 공동으로 인증 지원체계 구축

(4) SIL4 인증서 취득 : 과제종료시까지 GA단계 SIL4 인증 획득(1개업체 이상)

(5) SA단계 인증계획 수립 : 4차년도에 SA SIL4 인증절차에 대한 계획수립

나) ISA의 인증 절차 [2,3,4,25]

철도 신호 시스템의 ISA (Independent Safety Assessor, 독립적 안전평가기관) 는 다음의 유럽 규격으로 진행된다.

· EN 50126:1999 (RAMS, 신뢰성, 가용성, 유지보수성, 안전성)

· EN 50128:2011 (기능안전, 소프트웨어)

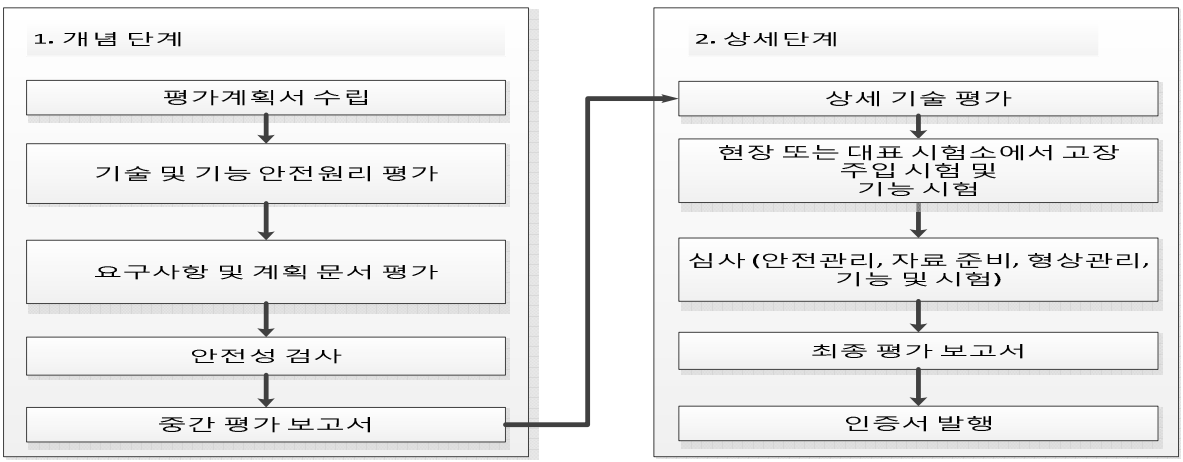
· EN 50129:2003 (기능안전, 시스템)

· EN 50159:2010 (기능안전, 시스템 간 통신)

· EN 50155:2007 (철도차량에 설치되는 시스템의 환경시험)

· EN 50125-3:2003 (지상에 설치되는 시스템의 환경 시험)

이외에도 상세 평가를 위해 위의 규격에서 참고되는 유럽 및 국제 표준에 따라 평가가 심도 있게 진행된다. 위의 규격에 의해 진행되는 ISA의 평가는 일반적으로 크게 개념단계, 상세단계의 두 단계로 구분된다. 평가를 두 단계로 구분한 이유는 프로젝트의 초기 단계에서 규격에 적합하지 않거나 안전상에 영향을 줄 수 있는 주요한 문제들을 정의하고 도출하여 전체 프로젝트의 위험을 감소시키기 위함이다. 각 단계의 주요 활동은 다음 그림과 같다.



[그림 3-1] ISA SIL인증 활동 단계

최종 평가보고서 발행 후 결과에 인증 발급에 대한 부적합 사항이 없으면 공장심사 이후 인증서가 발급된다. 각 단계별로 제작사에서 작성되어야 할 문서는 다음과 같다. 실제 작성되는 문서는 시스템의 성격과 크기 및 제작사의 안전 개념에 따라 가감될 수 있다.

① 개념단계

Main task	Document	Description
Planning	System Safety plan	수명주기 동안에 행해지는 안전성 관련 모든 활동 및 산출물에 대한 계획 명시
	System quality management plan	품질관리활동에 대한 계획 명시
	System configuration management plan	형상관리활동에 대한 계획 명시
	System verification & Validation plan	시스템에 대한 확인 및 검증활동에 대한 계획 명시
Risk analysis	Risk analysis report (Including PHA)	위험원 분석방법론, 시스템 정의 및 위험원 분석활동
	Hazard Log	각 단계에서 분석된 위험원에 대해서 기록, 관리 및 추적
System requirement	System requirements specification	시스템 요구사항 정의방법 설명 및 시스템 요구사항 정의
	System safety requirements specification	안전요구사항 정의방법 설명 및 안전요구사항 정의
	System requirements verification report	활동 수행, 활동결과를 문서화
	System validation test plan	시스템 검증을 위한 시험계획 수립, 시나리오 기반
	Traceability matrix	요구사항추적 매트릭스(전체 수명주기)
Planning	SW quality assurance plan	소프트웨어 품질보증 계획 명시
	SW configuration management plan	소프트웨어 형상관리 계획 명시
	SW verification & validation plan	소프트웨어에 대한 확인 및 검증활동에 대한 계획 명시
SW requirement	SW requirements specification	소프트웨어 요구사항 정의 방법설명 및 작성 된 요구사항 정의
	Overall Software Test Specification	요구사항에 대한 시험 절차 및 테스트 케이스 작성
	SW requirements verification report	요구사항에 대한 검토 및 결과 문서화
System Architecture	System architecture specification	Safety concept를 적용한 시스템 구조 정의
	System FMEA	위험원 분석방법론 설명 및 시스템 수준에서의 위험원 분석 실시

② 상세단계

Main task	Document	Description
HW design	Hardware design specification	하드웨어 설계자료 작성
	Schematics (Guide)	도면 작성 및 검토
	Hardware unit test plan	유닛 단위의 하드웨어 시험계획 수립
	Hardware unit test report	유닛단위 하드웨어 시험 결과 기록
	RAM analysis report	하드웨어 구성요소에 대한 RAM 계산
	Component FMEDA	소자 또는 part수준에 대한 위험원 분석
	System reliability modeling FTA	시스템의 신뢰성 정량화 분석 실시
	Generic Application Safety Case	종합안전대책기술서 작성
	HW architecture and design verification report	하드웨어에 대한 구조 및 설계 항목 검토
SW Architecture and Design	SW architecture specification	소프트웨어 구조 설계
	SW design specification	소프트웨어 상세 설계
	SW Interface Specifications	시스템간 인터페이스 요구사항 정의
	SW architecture & design verification report	소프트웨어 구조와 설계 확인 문서화
	SW integration test specification	소프트웨어 통합시험 계획수립, 테스트 케이스 작성
	SW/HW integration test specification	소프트웨어/하드웨어 통합시험 계획 수립
SW component Design	SW component design specification	컴포넌트 설계 사양서 작성
	SW component test specification	컴포넌트 시험계획 수립, 테스트 케이스 작성
	SW component design verification report	컴포넌트 설계 확인 활동 문서화
Code	SW cording standard (Guide)	소프트웨어를 구현하기 위한 코딩 기준 제시
	SW source code verification report	소스코드 확인 활동 문서화
SW component Testing	SW component test report	컴포넌트 시험 수행
Integration	SW integration test report	시험된 모듈을 통합하여 시험 수행
	SW integration verification report	소프트웨어 통합시험 확인 활동 문서화
	SW/HW integration test report	소프트웨어를 Target 하드웨어에 탑재하여 시험
System validation	System validation test report	시스템 검증 시험 수행
	Environmental test plan	환경시험에 대한 방법론 및 수행방안 명시
	Environmental test report	환경시험에 대한 시험 수행
	Internal audit for quality and safety management	내부 품질감사 및 안전감사 수행
SW validation	Overall SW test report	소프트웨어 요구사항에 활동 수행
	SW validation report	소프트웨어 검증에 대한 활동 수행
	Tools validation report	Tool 검증 시험 수행
User documentation	Operation manual	사용자 운영 매뉴얼 작성
	Installation manual	사용자 설치 매뉴얼 작성
	Maintenance manual	사용자 유지보수 매뉴얼 작성

따라서 SIL4 인증은 개념단계와 상세 단계로 나누어 단위시스템별로 진행되며 지상, 차상 신호제어시스템에 대한 SIL4 인증을 받는 것을 목표로 한다

철도안전법은 철도산업의 변화와 발전에 따라 철도 안전에 대한 관심과 요구가 증가하면서 지난 2004년 제정되었고 수차례 개정 과정을 거친 후 2015년 1월 6일에 시행되었다. 철도안전법은 철도안전체계를 구성하는 핵심 요소들에 관한 규정과 관련 이해당사자들의 권한과 책임을 명확히 규정하여 안전관리 능력을 확보하도록 하고 있다.

국내 철도 관련 법규 및 규격은 철도안전법, 분야별 기술기준 및 한국산업규격(KS), 철도표준규격(KRS), 공사 및 공단의 사내 규격 등으로 이루어진다. 참여기업에서는 조사된 분야별 기술기준과 철도규격의 신호 분야 사양 및 시험방법을 개념 및 설계 단계에서 검토 및 반영할 필요가 있다.

해외의 경우, ERTMS/ETCS는 현재 baseline 2.3.0d (Set of specifications # 1 (ETCS baseline 2 and GSM-R baseline 0)를 적용하고 있다. Baseline 3은 현재 공식 배포되고 있기는 하지만 향후에도 변경될 소지가 있어서 아직 구체적으로 상용화된 사료를 찾아볼 수 없다. 현재 유럽을 포함하여 전 세계적으로 설치되고 있는 ERTMS/ETCS 시스템은 SRS baseline 2.3.0d를 적용하고 있으며, baseline 3.4는 아직 공식적으로 설치된 사례가 확인되지 않는다.

안전 관련 시스템을 개발할 때에는 설계 요구사항뿐만 아니라 사용 환경에 적합한 안전성 요구사항을 도출하고, 그에 따라 설계를 이행하는 것이 중요하다. 또한 기능 요구사항 및 안전성 요구사항을 도출할 때 국내 철도 환경에 적합한 시스템에 대한 사양을 결정하기 위해 국내 신호관련 법규 및 규격에 반영되어 있는 사양 및 시험 방법 등을 함께 고려하는 것이 중요하다.

다) 안전 요구사항 조사, 분석

- 철도안전법
- 철도신호 및 통신 기술기준
- 한국산업규격(KS)
- 한국철도표준규격(KRS)
- 한국철도시설공단, 한국철도공사 사내 규격
- ERTMS/ETCS SRS, FRS

1.1.1. SIL4 인증범위 및 대상 정의

가) 기본 구조 분석

열차제어시스템은 크게 지상 시스템과 차상 시스템으로 구성되며, 기본 구조도는 다음 그림과 같다. ETCS 선로변 시스템과 차상시스템의 구성 모듈은 다음과 같다.

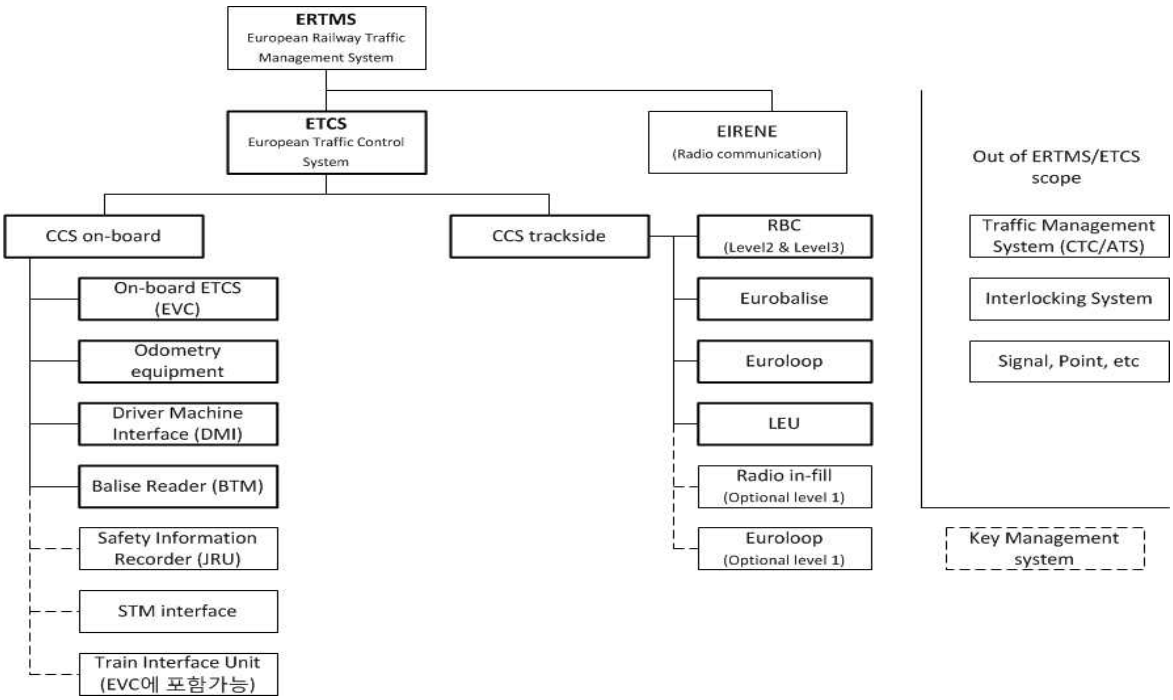
○ ETCS 선로변 시스템

- Eurobalise
- Radio Block Center
- Euroloop
- Radio in-fill Unit

○ ETCS 차상 시스템

- European Vital computer
- Train Interface Unit
- Balise Reader
- Driver Machine Interface
- Odometry
- Juridical Recorder Unit
- Specific Transmission Module

Traffic Management System에 해당되는 CTC (또는 ATS)와 연동장치는 현재까지 ERTMS/ETCS 시스템의 범위에 포함되지 않는다.



[그림 3-2] ERTMS/ETCS 시스템 구성

나) ERTMS/ETCS 기준선(Baseline) 분석

ERTMS/ETCS는 현재 공식적으로 다음과 같은 2개의 기준선(Baseline)을 갖고 있다.

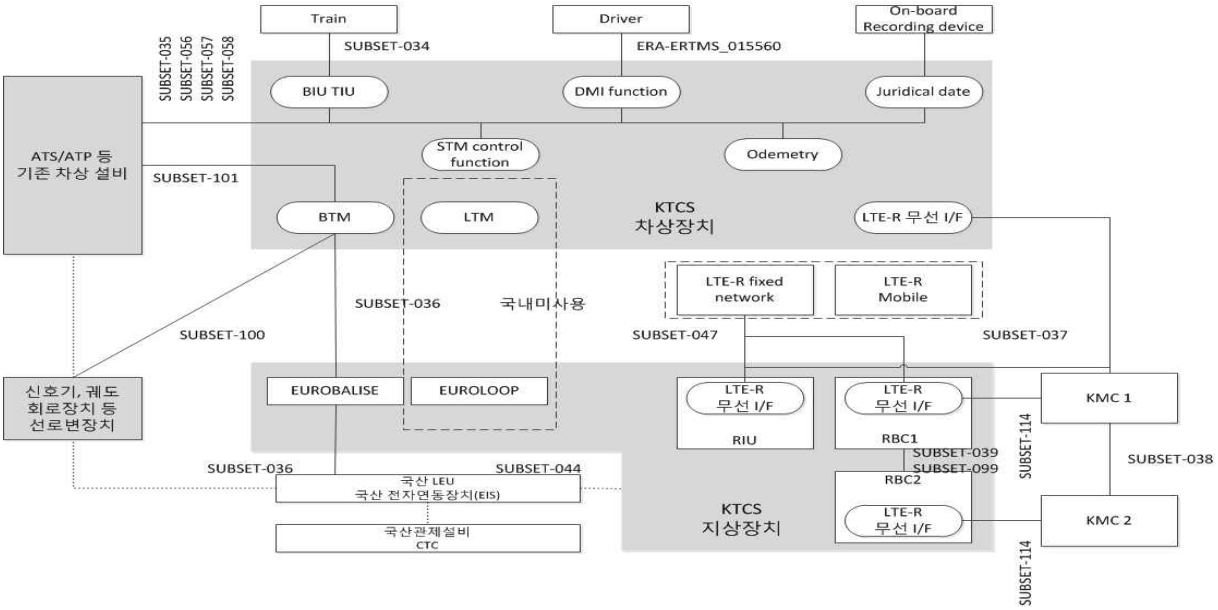
- Baseline 2.3.0d (Set of specifications #1 (ETCS baseline 2 and GSM-R baseline 0))
- Baseline 3.4 (Set of specifications # 2 (ETCS baseline 3 and GSM-R baseline 0))

Baseline 3은 현재 공식적으로 출시되고 있기는 하지만 향후에도 변경될 소지가 있어서 아직 구체적으로 상용화한 사료를 찾아볼 수 없다. 현재 유럽을 포함하여 전 세계적으로 설치되고 있는 ERTMS/ETCS 시스템들은 SRS baseline 2.3.0d를 적용하고 있으며, Basline 3.4는 아직 공식적으로 설치된 사례가 확인되지 않는다. 각각의 baseline들은 Mandatory Specifications, Informative specifications 그리고 Mandatory EN standards에 대해 정의되어 있다.

나) 안전인증 대상 및 범위

일반 적용(Generic Application) 안전인증에 대한 대상 시스템은 한국형 열차제어시스템

(KRTCS)으로 UIC 표준규격 ETCS Level 2를 기반으로 한다. KRTCS의 기본 구성도는 그림과 같다.



[그림 3-3] KRTCS_2 구성도

위의 그림에서 KRTCS가 ETCS와 다른 것은 LTM 및 Euroloop를 사용하지 않으며, 무선통신 방식은 LTE-R을 적용하고 국산 전자연동장치와 관제설비를 사용한다는 점이다. KRTCS_2를 구성하는 차상 및 지상 장치 구성 및 인증 대상은 다음 표와 같다.

[표 3-2] 차상/지상 장치 구성 및 인증 대상

항목	세부 장치	제작 대상 여부	인증 대상 여부
지상장치	자동열차방호장치(ATP)	제작 대상	인증 대상
	지상관제설비(CTC)	제외(단, 인터페이스 포함)	인터페이스 고려
	전자연동장치(EIS)	제외(단, 인터페이스 포함)	인터페이스 고려
차상장치	자동열차방호장치(ATP)	제작 대상	인증 대상
	운전자표시장치(DMI)	제작 대상	인터페이스 고려
	BTM 및 차상안테나	제작 대상	인증 대상

위의 표에 정의한 한국형 열차제어시스템(KRTCS)을 구성하는 차상장치와 지상장치를 대상으로 수행하는 안전인증 범위는 일반 적용(Generic Application) 안전인증으로 한정한다.

한국형열차제어시스템이 일반 적용(Generic Application) 안전인증을 받기 위해서는 ERTMS/ETCS Baseline 2 (2.3.0) 및 Subset108을 기반으로 EN 50126, EN 50128, EN

50129 및 EN 50159에 따른 안전성 활동을 수행해야 한다. 또한 안전성 목표는 Subset-091 “Safety Requirements for the Technical Interoperability of ETCS in Level 1 & 2”를 만족해야 한다. 종합안전성보고서(Safety Case)는 EN 50129에 따르면 다음과 같이 세 개의 범주로 분류된다.

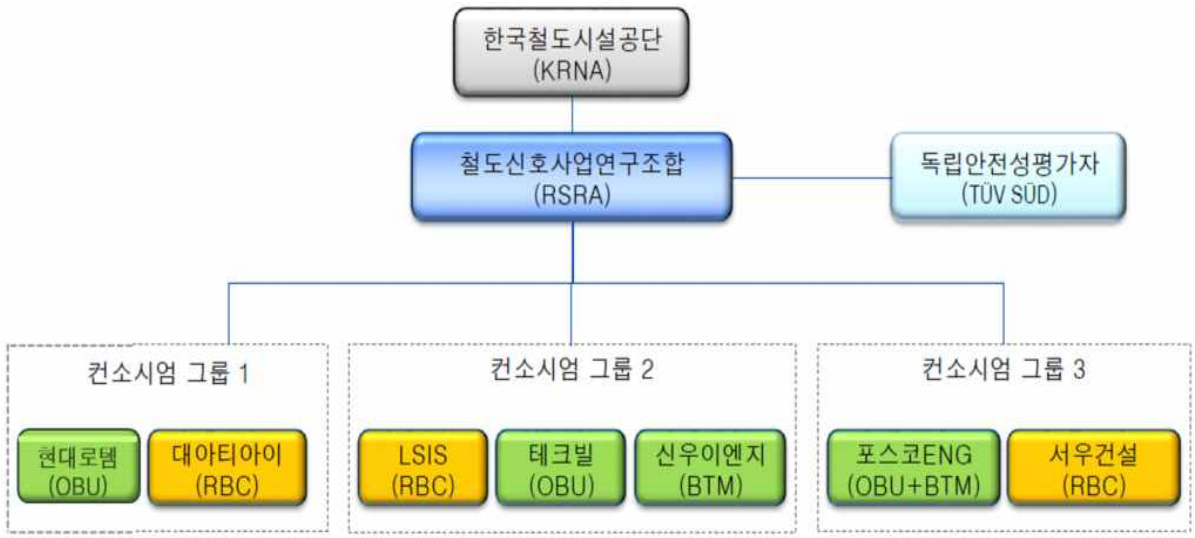
- Generic Product(GP) Safety Case: 일반 제품은 독립적인 다른 애플리케이션을 위해 다시 사용될 수 있다.
- Generic Application(GA) Safety Case: 일반 적용은 공통 기능을 갖는 다른 애플리케이션에 재사용될 수 있다.
- Specific Application(SA) Safety Case: 특정 적용은 한 개의 특정한 장치에만 사용된다.

1.1.1. 안전성 평가 계획수립 및 RAMS 문서작성 지침 마련 및 RAMS 활동 점검

가) 안전성 평가 계획

(1) 안전성 평가 조직, 역할 및 책임

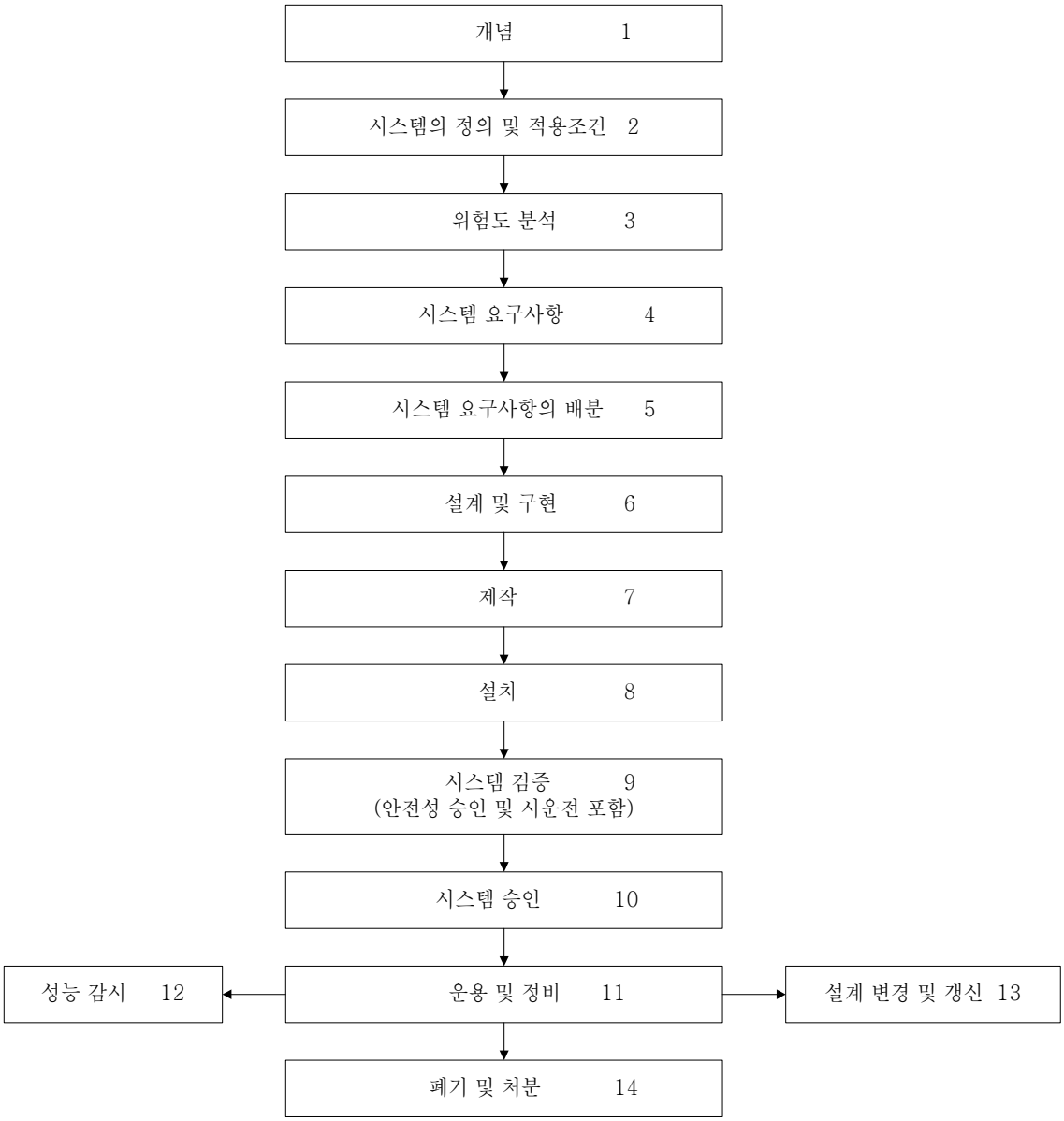
열차제어시스템에 대한 안전성 평가와 관련하여 주관기관과 관련 컨소시엄 제작사에 대한 조직도는 아래 그림과 같다.



[그림 3-4] 안전성 평가 조직도

(2) 시스템 수명주기

RAMS 업무는 프로젝트의 일반적인 업무의 한 요소임을 보여주고 있으며, 각 수명주기 단계별 일반적인 프로젝트 업무에 영향을 준다. 안전성 평가와 관련하여 개발사가 일반 응용(GA)에 대한 SIL 인증을 받기 위해서는 그림 의 14단계 수명주기 중에서 7단계까지 수행한 안전성 활동에 대한 평가를 받으면 된다. 하지만, 본 프로젝트에서 컨소시엄 제작사는 9단계까지 진행해야 할 뿐만 아니라 현장 시험을 통하여 시스템을 검증해야 한다.



[그림 3-5] 시스템 수명주기

나) 안전성 평가 지원 체계 구축

안전성 평가 지원체계는 열차제어시스템에 대한 안전성을 평가할 때 요구되는 기술적인 사항에 대해 컨소시엄 제작사를 지원하기 위해 요구되는 제반 사항을 수립하였다.

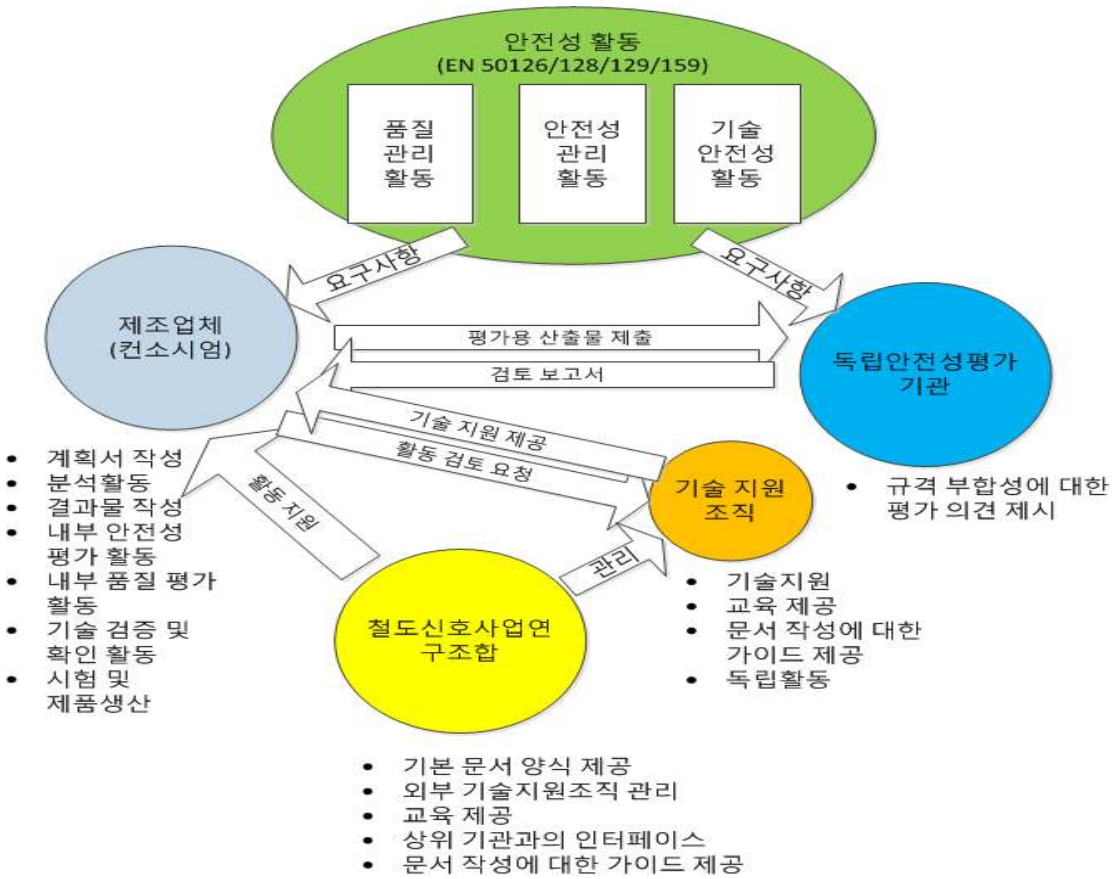
(1) 안전성 평가 지원 체계

컨소시엄 제작사가 수행한 안전성 활동 결과물은 시스템 개발 수명주기 단계별로 독립안전성평가기관에 의하여 검토된다. 철도신호사업연구조합은 컨소시엄 제작사와 독립안전성평가기관이 유기적으로 안전성 활동을 수행할 수 있도록 지원하는 것을 목표로 한다.

그림 은 컨소시엄 제작사와 독립안전성평가기관 사이에서 철도신호사업연구조합의 위치와 역할을 도식화한 것이다. 철도신호사업연구조합은 개발업체가 안전성 활동에 필요한 사안이 있을 경우 이를 지원한다. 철도신호사업연구조합은 기술지원조직을 구성하여 개발업체에 기술적인 측면에서의 지원업무를 수행한다.

기술지원조직은 컨소시엄 제작사의 안전성 활동에 필요한 사안을 지원하는 역할을 한다. 컨소시엄 제작사는 독립안전성평가기관에 평가를 받기 위한 산출물을 직접 전달하거나 철도신

호사업연구조합을 통하여 전달할 수 있다. 컨소시엄 제작사가 안전성 평가를 받기 위해 생성한 초기 문서는 프로젝트의 진행 관리를 위해 반드시 철도신호사업연구조합을 통해 전달해야 하며, 이후 갱신된 문서는 직접 독립안전성평가기관으로 전달할 수 있다.



[그림 3-6] 안전성 평가 지원 체계(2)

(2) 안전성 평가 지원 결과

철도신호사업연구조합은 컨소시엄 제작사의 원활한 안전성 활동을 위하여 기술을 지원할 수 있는 조직을 구성한다. 기술지원조직은 컨소시엄 제작사에게 안전성 평가를 대비하기 위한 업무를 지원하며, 컨소시엄 제작사에서 제기된 문의 사항에 대한 해결 방안을 제시하였다.

(가) 한글 문서 양식(템플릿) 지원

안전성 평가 시 요구되는 시스템 개발 수명주기 단계별 산출물에 대한 문서 양식을 개발하여 컨소시엄에 소속된 각 제작사에게 제공하였다. 제공한 수명주기 단계별 문서 목록은 다음과 같다.

[표 3-3] 문서 양식 목록

No	항목	ID	수명주기 단계	문서명
1	하드웨어	1.1	계획	RSRA-Safety Certification Plan Outline-Template
				RSRA-QAP Checklist
				RSRA-SQAP Checklist
		1.2	위험도 분석	RSRA-HAZOP Form Template
				RSRA-PHA-SHA-SSHA-OSHA Template
		1.3	시스템 요구사항	RSRA-System Safety Requirements Template
				RSRA-Requirements Management Template

No	항목	ID	수명주기 단계	문서명
		1.4	HW 설계	RSRA-HW DD Template
				RSRA-HW RS Template
				RSRA-Interface Control Document-ICD Template
				RSRA-PHW Module Design Specification Template
				RSRA-PHW Module Test Plan Template
				RSRA-PHW Module Test Report Template
				Safety Process and Output Doc Summary EN50129
2	소프트웨어	2.1	계획	RSRA-SW Validation Plan Template
				RSRA-SW Verification Plan Template
				RSRA-SW VALIDATION PLAN Checklist
				RSRA-SW VERIFICATION PLAN Checklist
				RSRA-CENELEC_SW_DEV_Process Summary
		2.2	SW 요구사항	RSRA-SW Requirement Specification Template
				RSRA-SW Requirement Verification Report Template
				RSRA-SW RS Checklist
				RSRA-SW RT_SPEC Checklist
				RSRA-SW Requirements Test Specification Template
				RSRA-SW Requirements Verification Report Template
		2.3	아키텍처 및 설계	RSRA-SW HW Integration Test Plan Template
				RSRA-SW Integration Test Plan Template
				RSRA-SW HW ITP Checklist
				RSRA-SW ITP Checklist
				RSRA-SW Architecture Specification Template
				RSRA-SW Design Specification Template
				RSRA-SW Integration Test Procedure Template
				RSRA-SW ARCH&DESIGN Ver Checklist
				RSRA-SW ARCH_SPEC Checklist
				RSRA-SW DS Checklist
				RSRA-SW Architecture Design and Requirements Verification Report Template
		2.4	컴포넌트 설계	RSRA-SW Module Design Specification Template
				RSRA-SW Module Test Report Template
				RSRA-SW Module Test Specification Template
				RSRA-SW MDS Checklist
				RSRA-SW Module_Ver Checklist
		2.5	컴포넌트 구현 및 시험	RSRA-Coding Standard Checklist
				RSRA-SW CTR Checklist
		2.6	통합	RSRA-SW Integration Test Report Template
				RSRA-SW Integration Test Verification Report Template
		2.7	SW 검증	RSRA-SW Validation Report Checklist

(나) 안전성 평가 규격 및 ETCS 교육

① ERTMS/ETCS 기본 교육

각 컨소시엄에 소속된 제작사 및 과제 관계자들을 대상으로 ERTMS/ETCS에 대한 이해를 도모하고자 다음과 같은 교육 프로그램을 제공하였다.

○ 주제: ERTMS/ETCS 기본 교육

○ 일시: 2016.2.15(월) ~ 19(금) (5일)

○ 장소: 서울메트로 인재개발원 대강의실(601호)

○ 대상: KRTCS(일반·고속철도) 참여기업(7개사),
1세부 과제, 2세부 과제 관련 기관 및 기업

○ 강사: Mr. Heiko Saalbach, TUV SUD Rail GmbH

○ 교육 일자별 내용

[표 3-4] ERTMS/ETCS 기본 교육 내용

일자	내용
2/15(월)	▪ Introduction / Overview ▪ ETCS Objectives – Legal Framework, Directives, Normative Specifications ▪ ETCS System – Basic System Description ▪ (Safety) Requirements and Architecture ▪ ETCS Application Functions ▪ ETCS–Levels and technical operating Modes
2/16(화)	▪ ETCS Principles ▪ Coordinate Systems (Eurobalises and Linking) ▪ Localisation and Position Reporting ▪ Movement Authority and Track Description ▪ Modes and Transitions
2/17(수)	▪ Procedures and Special Functions ▪ ERTMS/ETCS Language / Messages ▪ Communication (Balise, Loop, Radio) ▪ Design Rules and Performance Requirements ▪ ETCS L2 – Movement Authority
2/18(목)	▪ Technical Components . Track–side Subsystem ▪ Rail Infrastructure Projects ▪ Air–Gap Interfaces – GSM–R ▪ Technical Components . On–board Subsystem ▪ Rolling–Stock/Locomotives Projects
2/19(금)	▪ Operational Interface – Driver Machine Interface (DMI) ▪ Operational Use of the ETCS Mode “Limited Supervision” ▪ ETCS – Testing ▪ EC–Verification, Conformity Assessment and Certification ▪ Recommended Reading, AOB ▪ Q&A

○ 대상: KRTCS(일반·고속철도) 참여기업

[표 3-5] 유럽규격(EN) 교육 내용

No	규격	교육 내용
1	EN 50126:1999	RAMS 기본 개념 철도 RAMS 철도 RAMS 관리 RAMS 수명 주기
2	EN 50128:2011	소프트웨어 안전무결성 소프트웨어 관리 및 조직 - 조직, 역할 및 책임 - 개발자 역량 - 수명주기 주요사항 및 관련문서 소프트웨어 보증 - 소프트웨어 시험 - 소프트웨어 확인 - 소프트웨어 검증 - 소프트웨어 평가 - 소프트웨어 품질보증 - 개정 및 변경 관리 - 지원 도구 및 언어 일반 소프트웨어 개발 - 수명주기 및 관련 문서 - 소프트웨어 요구사항 - 아키텍처 및 설계 - 컴포넌트 설계 - 컴포넌트 구현 및 시험 - 인터페이스 및 통합 - 전체 통합 시험 및 최종 검증
3	EN 50129:2003	안전성 승인 조건 종합안전성 보고서(Safety Case) 안전성 요구사항 안전무결성 배분 안전무결성수준(SIL) 세부 기술 요구사항
4	EN 50159:2010	전송 시스템의 위협(threats) 전송 시스템 분류방어 요구사항

(다) 문서관리시스템(NAS) 운용

일반 및 고속철도용 LTE-R기반 한국형 열차제어시스템의 SIL4 인증을 위한 문서관리 장치인 NAS(Network Attached Storage)는 네트워크에 접속하는 데이터 저장장치로, 각각의 참여기업이 안전성 평가 보고서 작성이 수월할 수 있도록 현재 NAS에 설계 및 시스템 검증 표준템플릿을 제공하였다. 또한 KRTCS(일반·고속철도) 제품 개발에 도움이 될 수 있도록 ERTMS/ETCS 유럽 규격 사양서 한글 본 및 각종 해외 철도기술 자료를 업로드하여 참여기업에 제공하였다.

○ 설치장소 및 저장방식

- 설치장소 : 철도신호사업연구조합 사무실
- 설치일시 : 2016년 2월

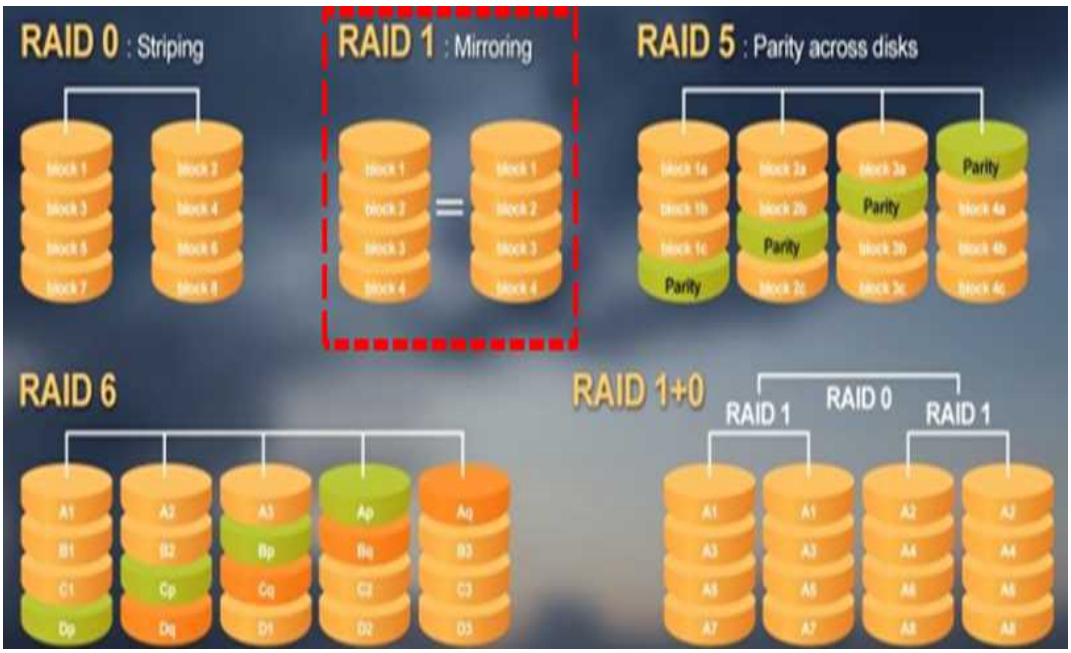
- 구성방식 : RAID1 (Mirroring)
- 장　　점 : 안전성이 가장 좋음
- 단　　점 : 공간효율이 떨어짐
- 용　　량 : 4TB (2TB 백업 포함)

○ 특 징

RAID(Redundant Array Inexpensive Disks)란 여러 개의 하드디스크에 데이터를 나누어 분산, 중복, 저장하는 기술로 데이터의 손실을 방지할 수 있는 중요한 기능이다. 저장하는 방식은 RAID 중에서도 Mirroring(데이터 보호가 중요할 때 사용하는 기술)방식을 사용한다. 구성 시 최소 2개 이상의 HDD가 필요하며 몇 개의 HDD를 붙여도 용량은 항상 같기 때문에 공간 효율은 다른 기술에 비해 떨어짐. 모든 HDD에 데이터가 복제되기 때문에 어떤 HDD가 고장이 나더라도 다른 HDD 하나 이상이 살아있으면 데이터 복구가 가능하다.

○ 구성

NAS의 저장 형태의 기본 구성도는 그림과 같다.



[그림 3-7] 정보 저장 형태의 구성도

이 폴더에서 기술 공유나 먼저 안전성 평가의 특정한 단계를 거친 기업이 습득한 지식이나 요령을 업로드 시킬 수 있다. 내부 보관 폴더는 기업 전용 폴더로 해당 기업만이 읽고 쓰기가 가능하게 설정을 해놓았다. 기밀문서 저장 시에는 내부 폴더를 이용하면 된다.

업로드한 한글표준양식 개념단계 템플릿 18종과 상세단계 37종을 업 로드한 그림이다. 시스템에 등록(ID/Password)된 참여기업은 누구나 공유된 다양한 종류의 문서를 다운로드 가능하다.

4. ISA(독립안전성평가)기관 선정기준 및 절차 수립

가) 인증기관 선정 절차

(1) 인증기관 선정 방법

제안서, 가격 동시(또는 별도 접수)를 접수받아 기술평가와 가격평가를 실시하여 종합평가 점수로 적정업체 선정

○ 평가비율: 기술평가(80%), 가격평가(20%)

○ 종합평가점수 산출시 = 기술평가점수(100점)×0.8 + 입찰가격 평가점수(100점)×0.2

○ 기술평가

- 주관기관이 평가위원회를 구성하여 제안서의 기술평가 수행
- 기술평가 점수는 평가위원이 평가한 점수 중 최고점수 1개와 최저점수 1개를 제외하고, 나머지 점수를 평균하여 획득점수를 산출

○ 가격평가

- 제안가격을 추정가격의 100분의 80이상으로 입찰한 자에 대한 평가

(2) 인증기관 선정평가 기준

KRTCS의 SIL 인증을 위한 인증기관 선정을 위한 기술평가기준은 다음과 같다.

[표 3-6] 인증기관 선정용 기술평가기준

구분	평가항목	기술평가기준	배점
비계량 부문	인증기관 자격요건	○ 인증기관 선정일 기준 EU의 TSI CCS 관련 Notified Body 자격 유무 ○ 인정기관으로부터 ISO/IEC 17020에 대해 인정받은 기관 ○ 인정기관으로부터 ISO/IEC 17025에 대해 인정받은 기관	20
	과업의 이해도	○ 과업의 목적 및 내용의 이해도 ○ 문제 파악의 정확성 ○ 과업지시서와의 부합성	15
	프로젝트 관리	○ 참여인력의 구성 ✓ 최근 3년간 국제 철도 표준 관련 ISA 또는 컨설팅 용역 3건 이상 참여자 기준 ✓ Notified body로부터 인정받은 TSI 국내 심사원 자격자 보유 여부	20
	프로젝트 지원	○ 멘토링(템플릿, 가이드라인 제공) ○ 교육지원	15
계량부문	경영상태	○ 신용평가등급별 배점	15
	유사 사업 실적	○ 최근 3년간 ETCS GA 관련 국내 프로젝트 수행 여부 (계약일자 기준) ○ ETCS를 제외한 GA 실적 대해 최근 3년간 국내 수주금액 5억원 이상의 ISA 또는 RAMS 컨설팅 합산 수행실적이 있는 기관 (계약일자 기준)	15
합계			100

(3) ISA 기관 선정 추진 경과

- ‘2015. 6 : ISA 기관선정 기준 및 절차 보고서 작성
- ‘2015. 7 : 안전성평가 기관선정 “제안요청서“ 작성
- ‘2015. 8. 21 ~ 9. 4 : 안전성평가기관 선정공고

(국토매일, 전기신문, 철도신호사업연구조합 / KRTCS(일반·고속철도) 홈페이지)

- ‘2015. 9. 15 : 안전성평가 기관선정 평가위원회 개최

- ‘2015. 9. 17 : 우선협상 대상자 선정 (티유브이슈드코리아㈜)
- ‘2015. 10 ~ 12 : 제조사(참여기업) 계약관련 협상 진행
- ‘2015. 12 ~ 2016. 3 : 참여기업/용역기업/발주기관(철도신호사업연구조합) 3자 계약 체결 진행 (계약완료 : 대아티아이, 서우건설, 포스코건설, 테크빌, 신우이엔지, LS산전)

입찰공고 제2015-1호

「KRTCS 일반·고속철도 안전성 평가기관 선정」 공고

1. 사업개요

○ 한국형 무선통신기반 열차제어시스템(KRTCS 일반·고속철도) 요구사항을 토대로 제작되는 열차제어시스템에 대해서 현장에서 즉시 적용할 수 있도록 하기 위하여 한국형 무선통신기반 열차제어시스템(KRTCS 일반·고속철도)에 대한 안전성 평가

○ 안전성 평가기간 : 2015. 9 ~ 2017. 12. 22(2년 3개월), 금차년도 기간 : 2015. 9 ~ 2016. 5. 22.

2. 신청자격

○ 한국형 무선통신기반 열차제어시스템(KRTCS 일반·고속철도)에 대한 독립안전성평가기관을 선정하는 입찰에 참여하는 기관은 국내 소재의 법인이 주계약자이어야 하고, 입찰공고일 현재 철도분야 NoBo(Notified body/국제인증기관) 자격을 보유한 업체이어야 한다.

3. 추정 예산(VAT 포함)

○ 금차년도 예산 : 16억원(2015. 9 ~ 2016. 5. 22)

○ 총 예산 : 49억원

4. 지원신청서 접수

○ 접수마감 : 2015. 9. 4(금) 오후 4시

○ 접 수 처 : 경기도 안양시 동안구 시민대로236, 송백빌딩 3층 철도신호사업연구조합

○ 접수방법 : 방문 접수

※ 접수 마감일 오후 4시까지 접수된 신청서만 유효

○ 제출서류 : 신청공문 1부, 입찰참가신청서 1부, 신청자격 입증서류 1부, 안전성평가계획서 5부, 견적서 1부, 사업자등록증/법인등기부등본 사본 각 1부, 안전성 평가계획서 CD 1매, 신용평가 등급 증빙서류 1매, 회계감사보고서 1부

5. 심사기준 및 결과 발표

○ 심사기준 : 기술평가(80%), 가격평가(20%)

○ 결과발표 : 2015. 9. 18(금) 예정

6. 기타사항

○ 본 제안요청서에서 정하지 않은 사항은 철도신호사업연구조합의 유권해석을 따른다.

○ 본 제안요청과 관련하여 질의사항이나 수정사항이 있을 경우 철도신호사업연구조합(031-389-6389)으로 서면으로 문의한다.

○ 접수된 서류는 수정 및 보완이 불가하고 일체 반환하지 않습니다.

※ 첨부 : 입찰참가신청서(계약일반조건등 기타 자료는 접수마감일 전에 홈페이지에 추가 공지할 예정입니다.)

2015. 8. 21.

철도신호사업연구조합

(5) ISA 기관 선정 : 티유브이슈드코리아(주)

1.1.1. SIL4인증 획득

가) SIL4인증 개념단계

(1) 현장심사

ISA(독립안전성평가)기관은 본사인 독일에서 온 심사관들이 한국으로 방문하여 각 참여기업별 개념단계에 대한 현장심사(On-site Audit)를 진행 및 완료하였다.

(가) 개요

- RBC 심사원 : Heiko Saalbach, Christian Fischer
- Onboard 심사원 : Matthias Henze, Roland Breuer

- 심사 계획 수립 : 2016.10.07. (제작사/컨소시엄별 일정 및 주요 심사 Agenda)
- 현장심사 기간 : 2016.10.10.~2016.10.20.
- 포스코건설/서우건설산업 : 2016.10.10. ~ 2016.10.12.
- 신우이엔지 : 2016.10.10. ~ 2016.10.11.
- 테크빌 : 2016.10.12. ~ 2016.10.14.
- 대아티아이 : 2016.10.13. ~ 2016.10.14.
- LS산전 : 2016.10.17. ~ 2016.10.19
- 개념단계 평가 보고서 완료 : 2016.11.10.

(나) 주요일정

그림 은 독일 심사관들이 한국으로 도착하여 참여기업별 현장심사 주요 일정을 나타낸 그림이다.

		일	월	화	수	목	금	토
10월	Week 41	2	3	4	5	6	7	8
	HS*, CF							이동
	MH*, RB							이동
	Week 42	9	10	11	12	13	14	15
	HS*, CF	이동	POSCO/SEOWOO			DAEA TI		
	MH*, RB	이동	Shinwoo Eng		Techville			
	Week 43	16	17	18	19	20	21	22
	HS*, CF		LSIS			TSK	이동	
	MH*, RB		TSK (Other)				이동	

Note:
- ✓ 현장 심사는 영어로 진행하고 필요한 참여기업에 대해 통역 지원
- ✓ 현장 심사는 각 Assessment team에서 해당 시스템에 대한 평가를 수행 예정
- ✓ 포스코이엔지/서우건설산업은 컨소시엄형태로 동시에 진행함 (평가 일정 단축)
- ✓ 신우이엔지와 테크빌 협의를 통해 심사 일정 조정하여 시행함
- ✓ 국내 지원 엔지니어들이 현장 심사에 같이 참여하여 고객 지원

Onboard 심사
Matthias Henze (*)
Roland Breuer

RBC 심사
Heiko Saalbach (*)
Christian Fischer

[그림 3-8] 개념단계 현장심사 주요일정

(다) 개념단계 현장심사 사진



[그림 3-9] 서우건설산업 현장심사 (2016.10.10. ~ 2016.10.12.)



[그림 3-10] 신우이엔지 현장심사 (2016.10.10. ~ 2016.10.11.)



[그림 3-11] 테크빌 현장심사 (2016.10.12. ~ 2016.10.14.)



[그림 3-12] 포스코건설 현장심사 (2016.10.10. ~ 2016.10.12.)



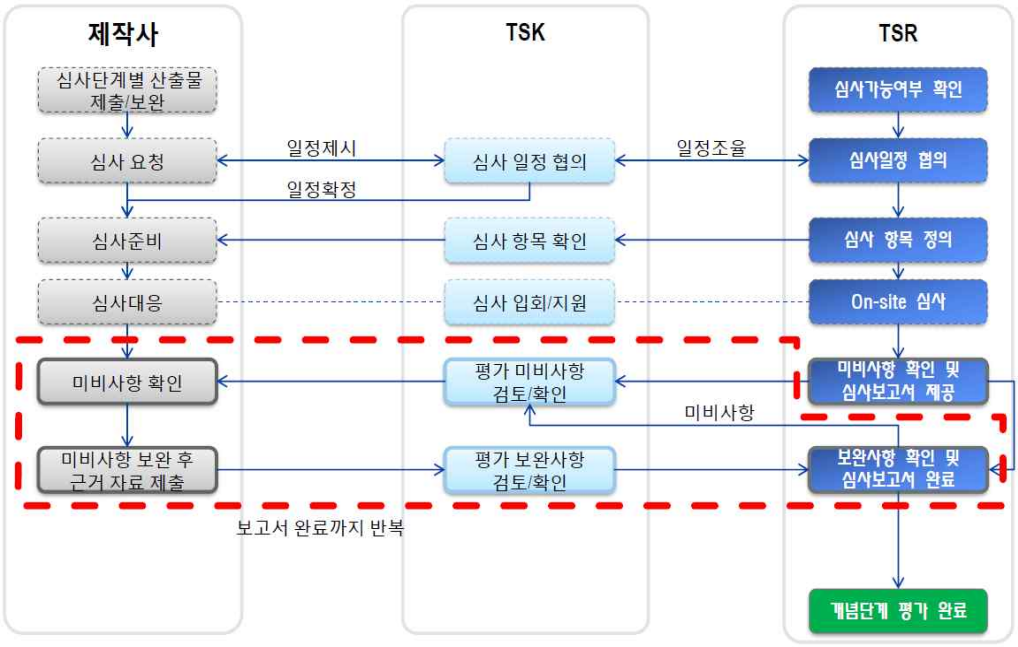
[그림 3-13] 대아티아이 현장심사(2016.10.13. ~ 2016.10.14.)



[그림 3-14] LS산전 현장심사 (2016.10.17. ~ 2016.10.19.)

(라) On-Site Audit 후속작업

개념단계 현장심사 후 미비사항에 대한 후속작업을 수행하였으며 후속작업의 주요 업무 흐름은 다음 그림과 같다.



[그림 3-15] On-site Audit 후속작업 주요 업무

(마) 심사 결과

ISA 심사관들의 3개 컨소시엄에 대한 KRTCS SIL4 인증 개념단계 현장 대면심사 결과 주요의견은 다음과 같다.

○ 전체 참여 기업들의 Concept 심사 결과는 잘 준비되어 있음.

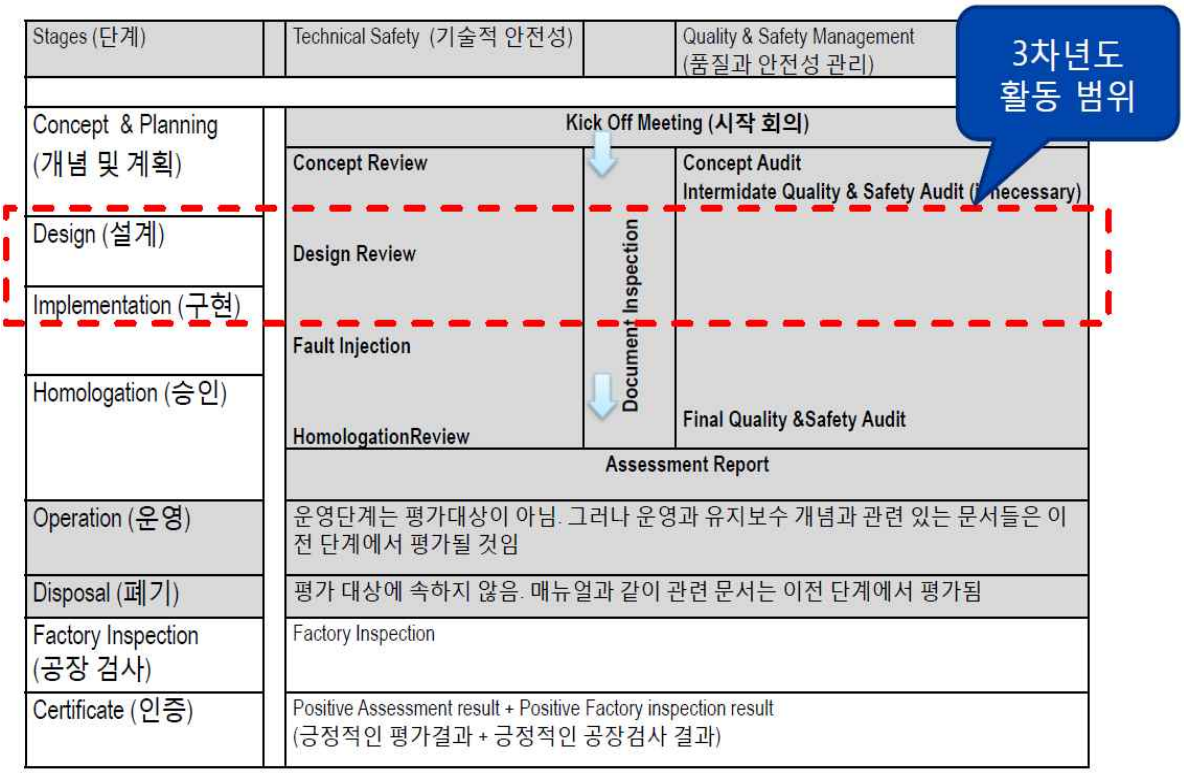
○ 시스템 간 인터페이스 정의가 완료되지 않은 것처럼 보임(특히 외부시스템)

○ 시스템 간 인터페이스 변경 시 시스템 기능도 변경되는 수가 있으므로 이러한 경우를 방지하기 위해 조기에 외부시스템 간의 인터페이스 확정이 필요함.

나) SIL4인증 상세단계

(1) 상세단계 안전성 평가 활동범위

KRTCS(일반·고속철도) SIL4인증 상세단계 주요활동 내용은 설계(Design) 및 구현(Implementation) 단계이며, Life Cycle 단계에 따른 주요 활동범위는 다음 그림과 같다.



[그림 3-16] SIL4 인증 3차년도 상세단계 활동범위



[그림 3-17] SIL4 인증 4차년도 상세단계 활동범위

(2) 공장심사(Factory Inspection)

SIL4인증 상세단계 진행 과정 중 각 제조사의 안전성 확보를 위한 생산환경, 생산능력(설비, 계측기, Tool 등)등 안전과 관련된 공장 제조환경을 참여기업에 기 제공된 티유브이슈드(주) 안전 기준에 따라 점검을 시행하였다.

번호	대상 업체	심사일
1	대아티아이	2017.6.22
2	LS산전	2017.9.6
3	신우이엔지	2017.6.21
4	테크빌	2017.11.1
5	포스코건설	2017.12.13
6	서우건설산업	2018.1.31

다) GA SIL4 인증 획득 추진

(1) SIL4 인증 참여기업별 공정 점검

개발하는 한국형 열차제어시스템(KRTCS(일반・고속철도))을 대상으로 진행 중인 GA단계 SIL4인증 획득과 관련하여 제작사(참여기업)의 현재 진행 상황과 문제점을 점검하여 연구과제 기간 내 SIL4 인증서 획득을 추진하였다.

(가) 협의 일정 및 참석자

일자	참여기업	참석자
2017.7.12.(수)	㈜테크빌	○㈜테크빌 : 황인광 전무, 유희정 이사 ○TUV-SUD : 하승태 상무, 최철호 대리 ○철도신호사업연구조합 : 황경환 수석, 이길용 대리, 김연화 주임
2017.7.13.(목)	신우이엔지(주)	○신우이엔지(주) : 양경훈 차장 ○TUV-SUD : 하승태 상무, 최철호 대리 ○철도신호사업연구조합 : 황경환 수석, 이길용 대리, 김연화 주임
	대아티아이(주)	○대아티이아(주) : 안진 전무, 용성완 이사, 한찬희 책임, 김우정 차장 ○TUV-SUD : 하승태 상무, 정은비 사원 ○철도신호사업연구조합 : 황경환 수석, 이길용 대리, 김연화 주임
2017.7.18.(화)	㈜포스코건설 ㈜서우건설산업	○(주)포스코건설: 심규돈 부장, 강리택 부장, 이학선 과장 ○(주)서우건설산업 : 한성수 상무, 오현준 차장 ○TUV-SUD : 하승태 상무, 정은비 사원 ○철도신호사업연구조합 : 황경환 수석, 이길용 대리
	LS산전(주)	○LS산전(주) : 조용기 실장, 한재문 책임 ○TUV-SUD : 하승태 상무, 오상민 차장 ○철도신호사업연구조합 :황경환 수석, 이길용 대리

(나) 주요 협의 내용

○ SIL4인증 진행 및 RAMS 문서 작성현황 및 계획 점검

○ 공장심사 및 상세단계 현장심사(On-Site Audit) 계획

○ 4차년도 SIL4인증비 지출 일정

○ 기타사항 (문제점 및 애로사항)

(다) SIL4인증 추진 최종 결과

참여기업	컨소시엄 A	컨소시엄 B	컨소시엄 C
종합공정율 (%)	100%	100%	100%
SIL4 인증(예정)일	GA SIL4 인증 획득	2018.12월 인증서 발행	2019.03월 인증서 발행

(1) SIL4인증 획득 최종 결과

컨소시엄	참여기업	검토 의견
A	현대로템 대아티아이	• 현대로템 : 2017년 7월 SIL4인증 획득 • 대아티아이 : 2018년 2월 SIL4인증 획득
B	LS산전 신우이엔지 테크빌	• 안전성 평가보고서 접수(2018.6) 및 ISA 지적사항 보완중 • GA SIL4인증 획득 예상일 : 2018.12
C	포스코 건설 서우건설산업	• 안전성 평가보고서 접수(2018.6) 및 ISA 지적사항 보완중 • GA SIL4인증 획득 예상일 : 2019.03

[SIL4 인증서 및 Safety Assessment Report]

[현대로템]



ZERTIFIKAT ◆ CERTIFICATE ◆ 認証書 ◆ СЕРТИФИКАТ ◆ CERTIFICADO ◆ CERTIFICAT

TÜV SÜD Product Service

CERTIFICATE

No. Z10 17 07 66980 041

Holder of Certificate: Hyundai Rotem Company
37, Cheoldobakmulgwan-ro,
Uiwang-si, Gyeonggi-do, 16082
REPUBLIC OF KOREA

Factory(ies): 66980

Certification Mark:

Product: Safety related automation systems

Model(s): HRTC-MT200 EVCU System
- EVCU BTM version 1.0
- EVCU SDOU version 1.0
- Generic ATPU version 1.0
(for nomenclature see attachment)

Parameters:
Safety Integrity Level (SIL): 4
Operating voltage: 100V DC
Air temperature limit: -40°C to +85°C

The report referenced below, the attachment to this certificate (for certified SW components acc. EN 50128:2001) and the user documentation in the currently valid revision are mandatory part of this certificate. The product complies with the following listed safety equirements only if the specifications documented in the currently valid revision of this report are met.

Tested according to:
EN 50126-1:1999
EN 50128:2011
EN 50129:2003
EN 50159:2010

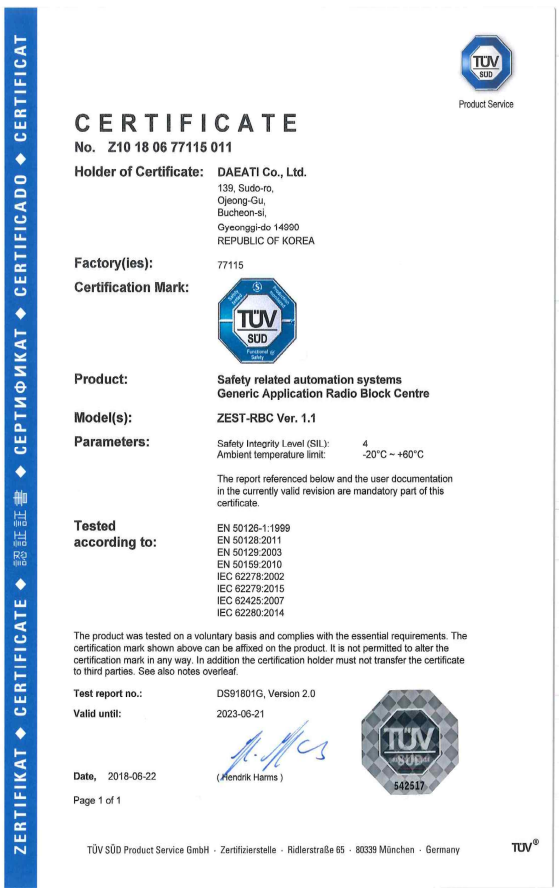
The product was tested on a voluntary basis and complies with the essential requirements. The certification mark shown above can be affixed on the product. It is not permitted to alter the certification mark in any way. In addition the certification holder must not transfer the certificate to third parties. See also notes overleaf.

Test report no.: HS88433G
Valid until: 2022-07-20

Date, 2017-07-21 (Alfred Beer)
Page 1 of 3

TÜV SÜD Product Service GmbH · Zertifizierstelle · Ridlerstraße 65 · 80339 München · Germany TÜV

대아티아이



ZERTIFIKAT ◆ CERTIFICATE ◆ 認証書 ◆ СЕРТИФИКАТ ◆ CERTIFICADO ◆ CERTIFICAT

TÜV SÜD Product Service

CERTIFICATE

No. Z10 18 06 77115 011

Holder of Certificate: DAEATI Co., Ltd.
139, Sudo-ro,
Ojeong-Gu,
Bucheon-si,
Gyeonggi-do 14990
REPUBLIC OF KOREA

Factory(ies): 77115

Certification Mark:

Product: Safety related automation systems
Generic Application Radio Block Centre

Model(s): ZEST-RBC Ver. 1.1

Parameters:
Safety Integrity Level (SIL): 4
Ambient temperature limit: -20°C ~ +60°C

The report referenced below and the user documentation in the currently valid revision are mandatory part of this certificate.

Tested according to:
EN 50126-1:1999
EN 50128:2011
EN 50129:2003
EN 50159:2010
IEC 62278:2002
IEC 62279:2015
IEC 62425:2007
IEC 62280:2014

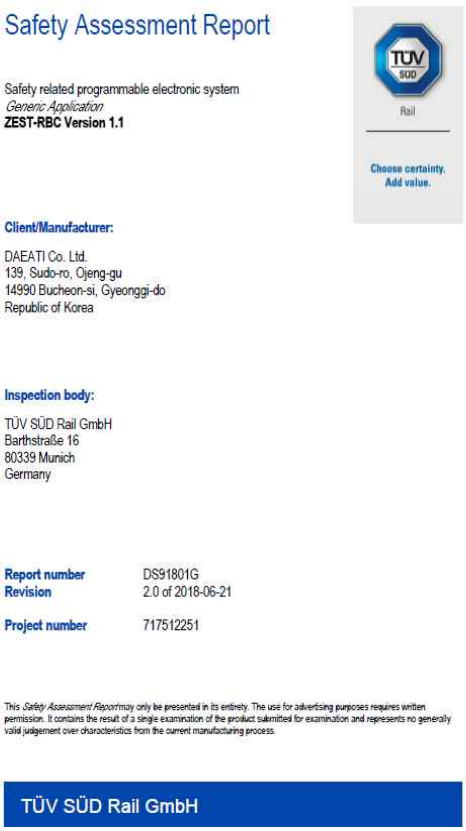
The product was tested on a voluntary basis and complies with the essential requirements. The certification mark shown above can be affixed on the product. It is not permitted to alter the certification mark in any way. In addition the certification holder must not transfer the certificate to third parties. See also notes overleaf.

Test report no.: DS91801G, Version 2.0
Valid until: 2023-06-21

Date, 2018-06-22 (Hendrik Harms)
Page 1 of 1

TÜV SÜD Product Service GmbH · Zertifizierstelle · Ridlerstraße 65 · 80339 München · Germany TÜV®

A1 / 04-11



Safety Assessment Report

Safety related programmable electronic system
Generic Application
ZEST-RBC Version 1.1

Rail

Choose certainty.
Add value.

Client/Manufacturer:

DAEATI Co. Ltd.
139, Sudo-ro, Ojeng-gu
14990 Bucheon-si, Gyeonggi-do
Republic of Korea

Inspection body:

TÜV SÜD Rail GmbH
Barthstraße 16
80339 Munich
Germany

Report number DS91801G
Revision 2.0 of 2018-06-21

Project number 717512251

This *Safety Assessment Report* may only be presented in its entirety. The use for advertising purposes requires written permission. It contains the result of a single examination of the product submitted for examination and represents no generally valid judgement over characteristics from the current manufacturing process.

TÜV SÜD Rail GmbH

LS산전



Intermediate Safety Assessment Report

Safety related programmable electronic system
Generic Application
RBC

Rail

Choose certainty.
Add value.

Client/Manufacturer:

LSIS Co. Ltd.
LSIS R&D Campus, LS-ro 116 beongil 40,
Dongan-gu, Anyang-city
14118 Gyeonggi-do
Republic of Korea

Inspection body:

TÜV SÜD Rail GmbH
Steinweg 26-27
38106 Braunschweig
Germany

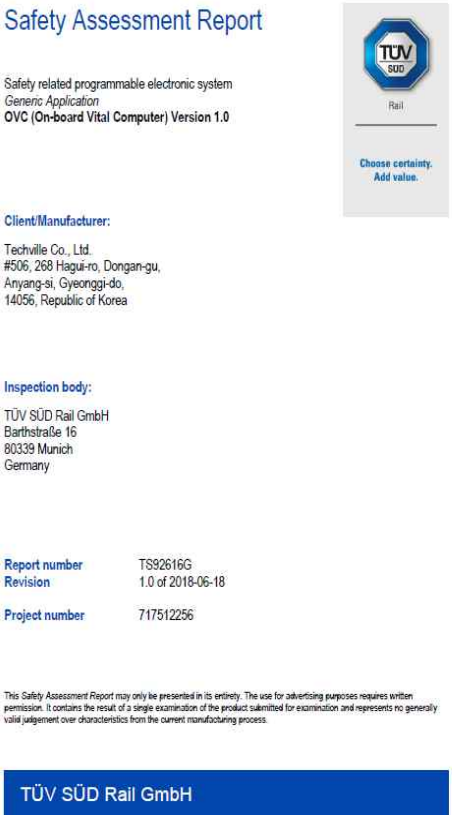
Report number LA92606G
Revision 1.0 of 2018-06-08

Project number 717512252

This Intermediate Safety Assessment Report may only be presented in its entirety. The use for advertising purposes requires written permission. It contains the result of a single examination of the product submitted for examination and represents no generally valid judgement over characteristics from the current manufacturing process.

TÜV SÜD Rail GmbH

테크빌



Safety Assessment Report

Safety related programmable electronic system
Generic Application
OVC (On-board Vital Computer) Version 1.0

Rail

Choose certainty.
Add value.

Client/Manufacturer:

Techville Co., Ltd.
#506, 268 Hagui-ro, Dongan-gu,
Anyang-si, Gyeonggi-do,
14056, Republic of Korea

Inspection body:

TÜV SÜD Rail GmbH
Barthstraße 16
80339 Munich
Germany

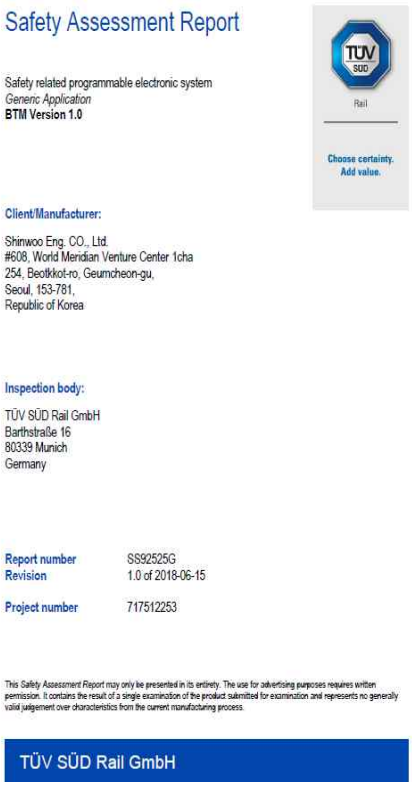
Report number TS92616G
Revision 1.0 of 2018-06-18

Project number 717512256

This Safety Assessment Report may only be presented in its entirety. The use for advertising purposes requires written permission. It contains the result of a single examination of the product submitted for examination and represents no generally valid judgement over characteristics from the current manufacturing process.

TÜV SÜD Rail GmbH

신우이엔지



Safety Assessment Report

Safety related programmable electronic system
Generic Application
BTM Version 1.0

Rail

Choose certainty.
Add value.

Client/Manufacturer:

Shinwoo Eng. CO., Ltd.
#608, World Meridian Venture Center 1cha
254, Beotkkot-ro, Geumcheon-gu,
Seoul, 153-781,
Republic of Korea

Inspection body:

TÜV SÜD Rail GmbH
Barthstraße 16
80339 Munich
Germany

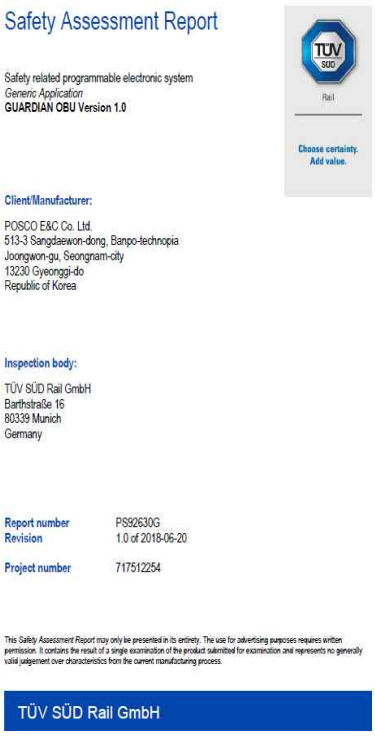
Report number SS92525G
Revision 1.0 of 2018-06-15

Project number 717512253

This Safety Assessment Report may only be presented in its entirety. The use for advertising purposes requires written permission. It contains the result of a single examination of the product submitted for examination and represents no generally valid judgement over characteristics from the current manufacturing process.

TÜV SÜD Rail GmbH

포스코건설



Safety Assessment Report

Safety related programmable electronic system
Generic Application
GUARDIAN OBU Version 1.0

Rail

Choose certainty.
Add value.

Client/Manufacturer:

POSCO E&C Co. Ltd.
513-3 Sangdaewon-dong, Banpo-technopia
Joongwon-gu, Seongnam-city
13230 Gyeonggi-do
Republic of Korea

Inspection body:

TÜV SÜD Rail GmbH
Barthstraße 16
80339 Munich
Germany

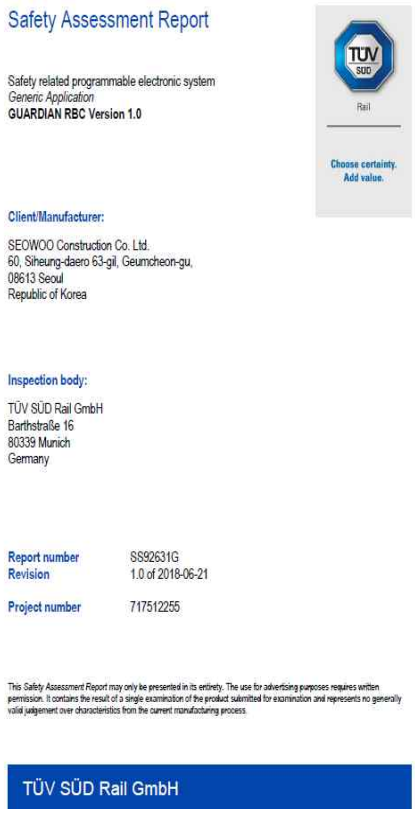
Report number PS92630G
Revision 1.0 of 2018-06-20

Project number 717512254

This Safety Assessment Report may only be presented in its entirety. The use for advertising purposes requires written permission. It contains the result of a single examination of the product submitted for examination and represents no generally valid judgement over characteristics from the current manufacturing process.

TÜV SÜD Rail GmbH

서우건설산업



Safety Assessment Report

Safety related programmable electronic system
Generic Application
GUARDIAN RBC Version 1.0

TÜV SÜD Rail

Choose certainty.
Add value.

Client/Manufacturer:

SEOWOO Construction Co. Ltd.
60, Siheung-daero 63-gil, Geumcheon-gu,
08613 Seoul
Republic of Korea

Inspection body:

TÜV SÜD Rail GmbH
Barthstraße 16
80339 Munich
Germany

Report number SS92631G
Revision 1.0 of 2018-06-21

Project number 717512255

This Safety Assessment Report may only be presented in its entirety. The use for advertising purposes requires written permission. It contains the result of a single examination of the product submitted for examination and represents no generally valid judgement over characteristics from the current manufacturing process.

TÜV SÜD Rail GmbH

가) SIL4인증 성과 자체 평가

SIL4 인증 절차 특성상 참여기업별로 진도가 다를 수 있고 해외인증기관의 예측불가능한 일정 등으로 과제기간 내에 1개 컨소시엄 이상 인증서를 획득하면 성과 달성으로 연구과제 시작 시점에서 전문기관과 협의하여 SIL4 인증을 진행하였으며 현대로템 컨소시엄이 과제기간 내에 인증서를 획득하였습니다.

SIL4인증 과업 수행을 위한 모든 과업은 완료된 상태이며, 현재 LS산전 컨소시엄, 포스코건설 컨소시엄은 SIL4인증 획득 전 단계인 안전성 평가보고서를 과제 기간내에 완료하고 ISA 기관에 접수(2018.6)하여 ISA 지적사항 보완 중에 있으며, 2018.12월까지 모두 인증서를 획득할 수 있을 것이다.

나) 인증서 미 획득 컨소시엄에 대한 지원 방안

SIL 인증서 미 획득 컨소시엄에 대해서는 과제종료 후에도 2018.12.31.까지 인증기관(티유브이슈드)에서 무상으로 SIL4 인증 및 지원을 받을 수 있도록 2차년도에 SIL4 인증기관을 선정 계약시 철도신호사업연구조합/참여기업/티유브이슈드 간 3자 계약 조건에 반영하여 계약체결 및 관리에 있으며 이 계약조건에 따라 인증서 취득에 문제가 없도록 하겠습니다.

1.1.1. 실용화 노선에 대한 SA SIL4 인증 계획 수립

본 문서는 '일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화' 연구과제에서 개발하는 한국형열차제어시스템(KRTCS(일반・고속철도))에 대해 실용화 시범 노선에 대한 SA SIL4 인증 계획 수립을 지원한다. KRTCS(일반・고속철도)의 SA SIL4 안전성 평가를 수행하기 위해 요구되는 방법 및 절차를 포함하는 안전성 평가계획과 안전성 활동을 수행할 때 필요한 기술 및

이에 대한 지원 방법을 기술한 안전성 활동 지원체계를 포함한다.

가) 범위

SA(Specific Application) SIL4 인증 대상은 KRTCS(일반・고속철도) 실용화 시범 노선으로 크게 지상설비와 차상설비로 구성되며 이 시스템은 하드웨어와 소프트웨어를 포함하고 있다. 안전성 평가계획과 지원체계에는 하드웨어와 소프트웨어에 관련된 활동 사항을 포함한다. 또한, SA SIL4인증은 특정 상용 노선의 운영(Operation) 사항을 포함한다.

나) SA단계 SIL4인증 범위 산출

	개념	상세		최종평가
		설계	실행	
개념	X			
시스템 정의	X			
위험 분석	X			
시스템 요구사항	X			
시스템 요구사항지정	X			
설계 및 실행		X	X	
제조			X	
설치			X	
시스템검증/ 승인(Acceptance)			X	X
운영 및 유지보수				N/A
성능모니터링				N/A
시운전/ 처리				N/A

* EN 50126 참조

나) SA단계 SIL4인증 심사, 평가

	개념	상세(시스템 통합)		최종평가
		설계	실행	
안전성심사				
안전관리 문서검사	X	X	X	X
시스템통합 개념심사	X			
최종품질 및 안전성 심사				X
안전성평가				
안전평가 문서검사	X	X	X	X
개념검토	X			
설계검토		X		
실행검토			X	
최종평가검토				X

가) SA단계 SIL4 안전성 평가 산출물

○ LOP (List of Open Points)

LOP는 평가 과정에서 발견된 모든 불이행 사항을 상세히 번호로 매긴 것이다. 여기에는 열려 있거나 닫혀 있거나 조건 하에서 닫혀 있는 각각의 불이행 사항들을 포함한다. 참여업체가

LOP-미팅에서 제시한 리스트에 포함된 목록의 최종 종료를 뒷받침하는 증거 및 이에 대한 평가자의 응답도 바로 해당 목록에 포함된다. LOP는 평가 프로젝트의 "진행 보고서"가 된다.

○ 심사 보고서

심사 보고서는 안전성 평가 기관의 품질 및 안전 심사를 포함하여 참여업체가 전제하고 있는 현장 심사에 대한 기록이다.

○ 평가 보고서

평가 완료 시점에서 안전성 평가 기관은 최종 평가 보고서를 작성한다. 평가 보고서는 평가 과정에서 수행된 모든 활동이 문서화되어 기록된 것이다. 아래와 같은 사항을 포함한다.

- 요구 사항
- 평가 범위와 목표
- 평가 팀 구성을 포함한 평가 세부 사항
- 평가 장소 및 인터뷰 대상
- 참조 문서
- 확인된 불이행 목록 (LOP) 및
- 평가자의 전문적 판단을 기술한 결론
- 인증서 (평가의 긍정적 결과가 있는 경우)

평가 보고서에는 시스템이 안전 요구 사항을 충족시키고 의도된 목적에 부합하는지 여부가 명시된다. 최종 평가 보고서를 요약하기 위해 "인증서"가 준비된다. 평가 보고서에 부적합 결론이 내려지면 인증서가 발행되지 않는다.

나) SA단계 SIL4 안전성 평가 적용 방안

○ SA SIL4 안전성 평가 필요성

열차제어시스템을 구성하는 하드웨어의 우발 고장이나 소프트웨어 등으로 인한 계통 고장은 열차의 안전한 운행에 직접적으로 영향을 줄 수 있다. 게다가 시스템의 안전 관련 고장은 인명사고, 재산이나 환경 피해를 유발할 수 있다. 그렇기 때문에 안전 관련 시스템을 개발할 때에는 설계 요구사항뿐만 아니라 사용 환경에 적합한 안전 요구사항을 도출하고, 그에 따라 설계를 이행하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 상용노선에서의 안전성 요구사항은 설계,개념 단계에서 위험원을 분석하고, 그에 대한 발생빈도와 결과의 심각도를 고려하여 위험도를 평가하고 허용 가능한 위험도 수준을 만족하기 위한 대책을 수립하는 과정을 통해서 도출된다. 이러한 일련의 위험도 분석 활동으로 도출한 실제 상용노선에서의 안전성 요구사항에 대한 보증은 개발사가 자체적으로 수행하는 보증활동도 필요하지만 개발사와는 독립적인 제3자에 의한 보증활동이 더 중요하게 요구된다.

○ KRTCS-2 시범사업 적용

본 연구를 통하여 도출된 SA SIL4 안전성 평가 계획은 ‘일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화’ 연구과제에서 개발한 KRTCS-2의 시범사업에 적용하여 실제 상용노선에서의 운영사항을 포함한 안전성을 검증하고, 안전무결성을 제고할 뿐만 아니라 KRTCS-2 실용화에 기여할 것이다.

마. 관계 정부부처의 법제화 및 정책수립 지원

1.1.1.1. 법제화 및 정책수립 지원

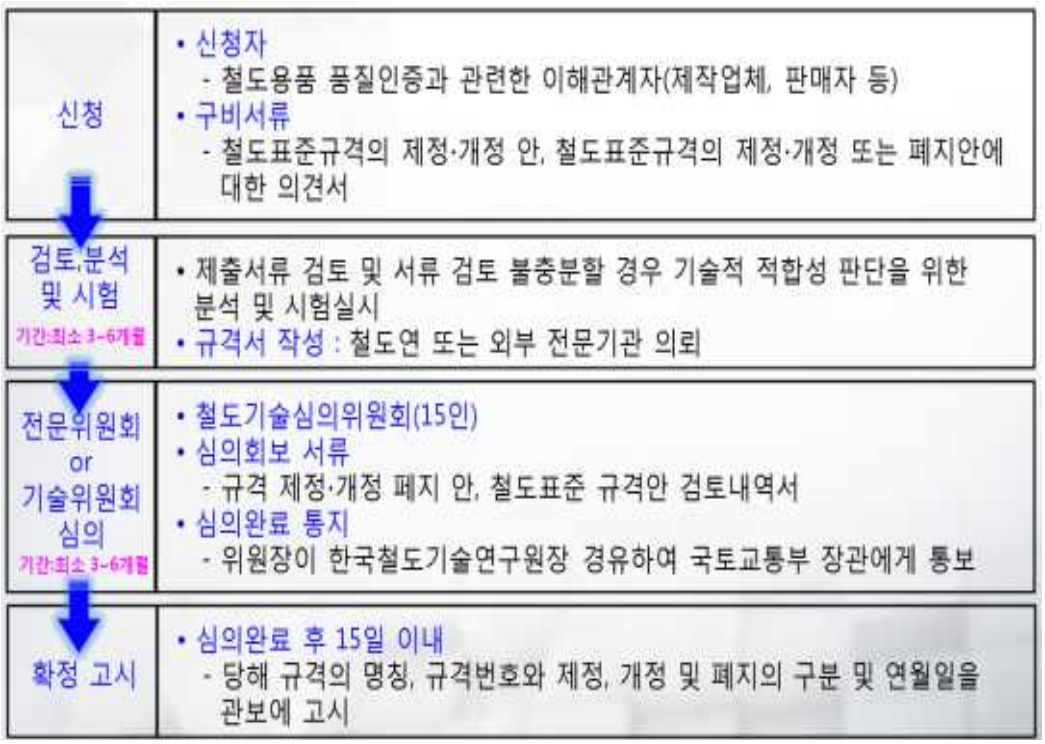
1.1.1.1.1. 법제화 및 정책 수립 대상 검토

1.1.1.1.1.1. 철도건설 관련 법령 대상

- 법령 : 철도건설법, 철도안전법, 철도건설규칙, 철도설계편람(신호편)
- 규격 : KRS(한국철도표준규격), KRSA(한국철도시설공단 표준규격)
- 방침 : 국토교통부 정책 수립, 철도공단, 철도공사 정책 수립

1.1.1.2. 한국철도표준규격(KRS) 제정 지원

1.1.1.2.1. 한국철도표준규격(KRS) 제정 추진 절차



1.1.1.1.1. 추진 경과

- ○ ‘17.06.13. KRTCS_2용 한국철도표준규격(KRS)제정 관련 착수회의
  - 절차 안내, 표준사양 자료 제공, 협조사항, 추가 인터페이스 사항 협의
- ○ ‘17.06.29 한국철도표준규격 제정(안) 관련 2차 검토회의
- ○ ‘17.07.14 한국철도표준규격 제정(안) 관련 3차 검토회의
- ○ ‘17.08.11 한국철도표준규격 제정(안) 관련 4차 검토회의
- ○ 17.08.23. KRTCS_2용 한국철도표준규격(KRS) 제정 실무협의(철도연)
  - KRS 추진방법 등에 관련 업무 협의 (추진방법, 필요조건 등)
- ○ 17.09.06. KRTCS_2용 한국철도표준규격제정 주무부서 협의
  - KRS 제정 현황 설명 : 철도운행안전과
- ○ 17.09.22. 한국철도표준규격(KRS) 워킹그룹 자문회의

- 안　　건 : 열차제어시스템(KRTCS_2)용 한국철도표준규격 적정성
- 자문위원 : 외부 전문가, 공단, 공사 처장

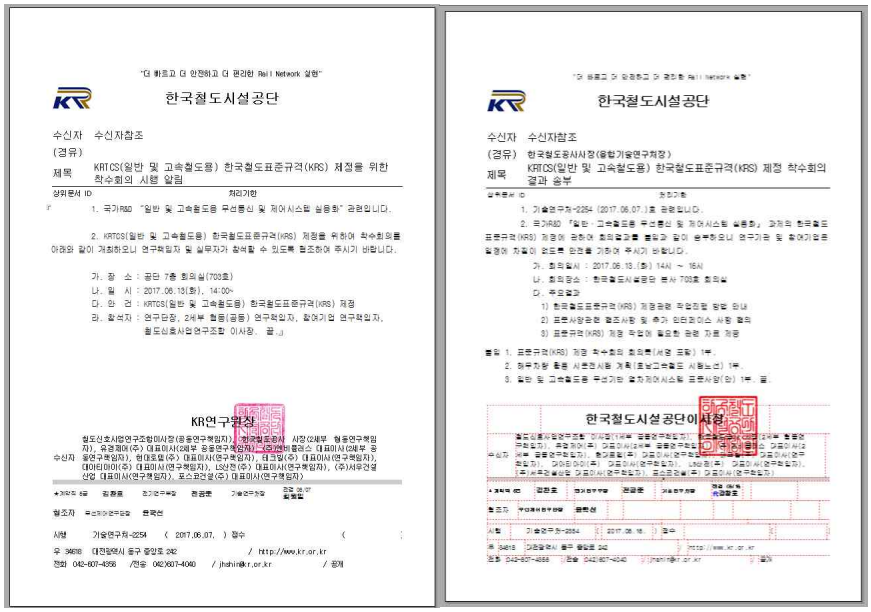
○ 17.09.27. KRTCS_2용 한국철도표준규격 제정(안) 의견 조회
- 조회기관 : 서울교통공사, 한국철도공사, 서울시 도시기반시설본부, 철도시설공단 기술본부 및 각 지역본부
- 회신기관 : 한국철도공사, 서울시 도시기반시설본부

○ 17.10.23. KRTCS_2용 한국철도표준규격제정 실무검토회의(5차)
- 자문위원 자문의견 반영사항과 제정(안) 의견회신 내용 협의

○ 17.10.27. 한국철도표준규격(KRS) 제정 제출(공단→철도기술연구원 표준규격팀)
- 표준명(가칭) : 일반 및 고속철도용 무선통신기반 열차제어시스템
- 신청서류 : 한국철도표준규격 제정의견서, 제정안에 대한 의견서 한국철도표준규격 제정(안), 보충자료(검토서, 시험성적서 등)

1.1.1.1.2. 추진 내용(증빙 자료)

1.1.1.1.2.1. KRS제정 실무 검토 회의



"더 빠르고 더 안전하고 더 편리한 Rail Network 실현"

한국철도시설공단

수신자　수신자참조
(경유)
제목　KRTCS(일반 및 고속철도용) 한국철도표준규격(KRS) 제정을 위한 착수회의 시행 알림

상위문서 ID　　처리기한

1. 국가R&D "일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화" 과제입니다.

2. KRTCS(일반 및 고속철도용) 한국철도표준규격(KRS) 제정을 위하여 착수회의를 아래와 같이 개최하오니 연구책임자 및 실무자가 참석할 수 있도록 협조하여 주시기 바랍니다.

가. 장　소 : 공단 7층 회의실(700호)
나. 일　시 : 2017.06.13(화), 14:00~
다. 안　건 : KRTCS(일반 및 고속철도용) 한국철도표준규격(KRS) 제정
라. 참석자 : 연구단장, 2세부 협동(공동) 연구책임자, 참여기업 연구책임자, 철도신호사업연구조합 이사장. 끝.)

KR연구원장

수신자　철도신호사업연구조합장(공동연구책임자), (한국철도공사 사장(2세부 협동연구책임자), 유경제어(주) 대표이사(2세부 공동연구책임자), (주)엔이엘텍노스 대표이사(2세부 공동연구책임자), 현대로템(주) 대표이사(연구책임자), 대경일(주) 대표이사(연구책임자), 대아티아이(주) 대표이사(연구책임자), LS산전(주) 대표이사(연구책임자), (주)서무건설산업 대표이사(연구책임자), 포스코건설(주) 대표이사(연구책임자)

시행　기술연구처-2254　(　2017.06.07.　) 접수　(

우 34618　대전광역시 동구 중앙로 242　/ http://www.kr.or.kr
전화 042-607-4056　/전송 042)607-4040　/ jhshin@kr.or.kr　/ 공개

"더 빠르고 더 안전하고 더 편리한 Rail Network 실현"

한국철도시설공단

수신자　수신자참조
(경유)　한국철도공사사장(융합기술연구처장)
제목　KRTCS(일반 및 고속철도용) 한국철도표준규격(KRS) 제정 착수회의 결과 송부

상위문서 ID　　처리기한

1. 기술연구처-2254 (2017.06.07.)호 관련입니다.

2. 관계R&D 「일반 · 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화」 과제의 한국철도표준규격(KRS) 제정에 관하여 회의결과를 붙임과 같이 송부하오니 연구기관 및 참여기업은 일정에 차질이 없도록 업무를 기하여 주시기 바랍니다.

가. 회의일시 : 2017.06.13.(화) 14시 ~ 16시
나. 회의장소 : 한국철도시설공단 본사 700호 회의실
다. 주요결과
1) 한국철도표준규격(KRS) 제정절차 적법성 검토
2) 표준사양관련 협조사항 및 추가 인터페이스 사항 협의
3) 표준규격(KRS) 제정 작업에 필요한 관련 자료 제공

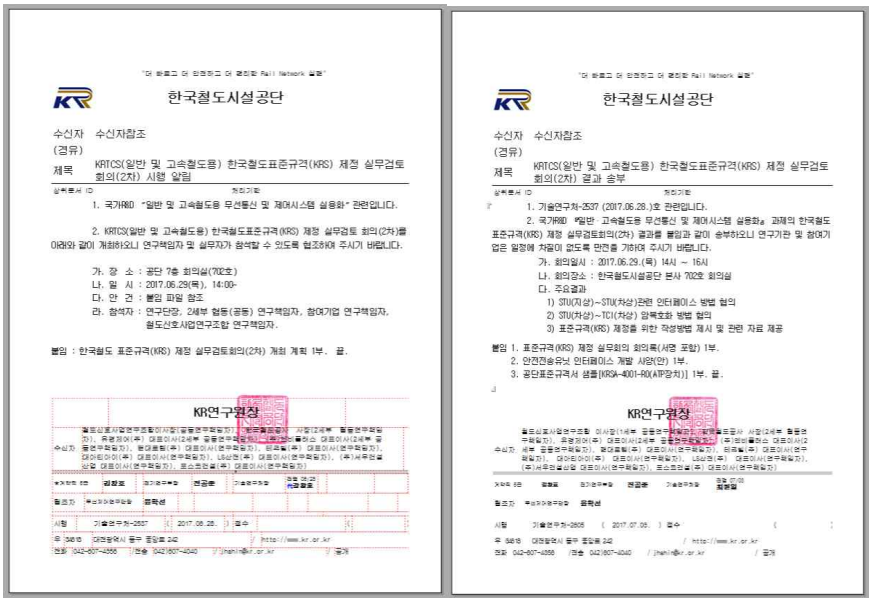
붙임 1. 표준규격(KRS) 제정 착수회의 회의록(서명 포함) 1부.
2. 해무차량 활용 시운전시험 계획(포남고속철도 시험노선) 1부.
3. 일반 및 고속철도용 무선기반 열차제어시스템 표준사양(안) 1부. 끝.

한국철도시설공단이사장

수신자　철도신호사업연구조합 이사장(공동연구책임자), (한국철도공사 사장(2세부 협동연구책임자), 유경제어(주) 대표이사(2세부 공동연구책임자), (주)엔이엘텍노스 대표이사(2세부 공동연구책임자), 현대로템(주) 대표이사(연구책임자), 대경일(주) 대표이사(연구책임자), 대아티아이(주) 대표이사(연구책임자), LS산전(주) 대표이사(연구책임자), (주)서무건설산업 대표이사(연구책임자), 포스코건설(주) 대표이사(연구책임자)

시행　기술연구처-2254　(2017.06.16.) 접수

우 34618　대전광역시 동구 중앙로 242　/ http://www.kr.or.kr
전화 042-607-4056　/전송 042)607-4040　/ jhshin@kr.or.kr　/ 공개



한국철도시설공단

수신자 수신자참조
(경유)
제목 KRTCS(일반 및 고속철도용) 한국철도표준규격(KRS) 제정 실무검토 회의(2차) 시행 알림

1. 국가R&D "일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화" 관련입니다.

2. KRTCS(일반 및 고속철도용) 한국철도표준규격(KRS) 제정 실무검토 회의(2차)를 아래와 같이 개최하오니 연구책임자 및 실무자가 참석할 수 있도록 협조하여 주시기 바랍니다.

가. 장 소 : 공단 7층 회의실(702호)
나. 일 시 : 2017.06.29(목), 14:00-
다. 안 건 : 붙임 파일 참조
라. 참석자 : 연구단장, 2세부 협동(공동) 연구책임자, 참여기업 연구책임자, 철도신호사업연구조합 연구책임자.

붙임 : 한국철도 표준규격(KRS) 제정 실무검토회의(2차) 개최 계획 1부. 끝.

KR연구원장

한국철도시설공단

수신자 수신자참조
(경유)
제목 KRTCS(일반 및 고속철도용) 한국철도표준규격(KRS) 제정 실무검토 회의(2차) 결과 송부

1. 기술연구처-2537 (2017.06.28.)호 관련입니다.

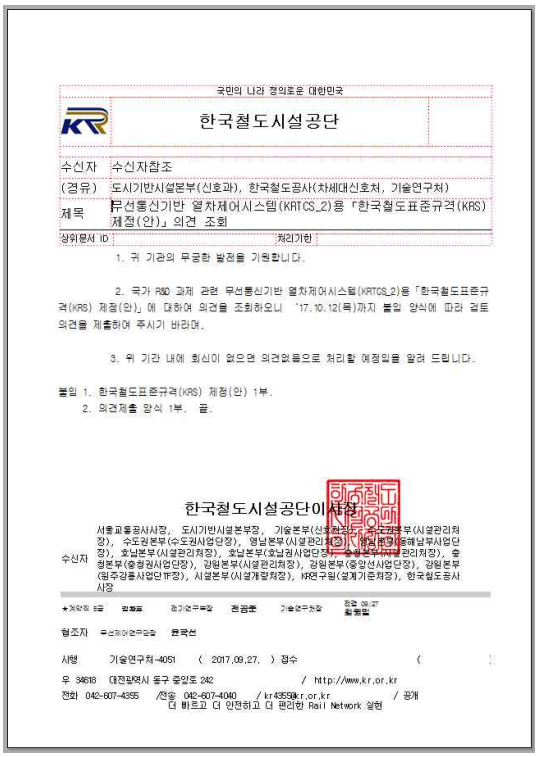
2. 국가R&D "일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화" 과제의 한국철도표준규격(KRS) 제정 실무검토회의(2차) 결과를 붙임과 같이 송부하오니 연구기관 및 참여기업은 일정에 차질이 없도록 만전을 기하여 주시기 바랍니다.

가. 회의일시 : 2017.06.29.(목) 14시 ~ 16시
나. 회의장소 : 한국철도시설공단 본사 702호 회의실
다. 주요결과
1) STI(지상)~STI(차상)관련 인터페이스 방법 협의
2) STI(차상)~TCI(차상) 암묵호환 방법 협의
3) 표준규격(KRS) 제정을 위한 작성방법 제시 및 관련 자료 제공

붙임 1. 표준규격(KRS) 제정 실무회의 회의록(서명 포함) 1부.
2. 안전전송유닛 인터페이스 개발 사양(안) 1부.
3. 공단표준규격서 샘플(KRSA-4001-R0(ATP장치)) 1부. 끝.

KR연구원장

1.1.1.1.1.1. KRS제정 외부기관 의견 수렴(서울시, 철도공사 등)



국민의 나라 정의로운 대한민국

한국철도시설공단

수신자 수신자참조
(경유) 도시기반시설본부(신호과), 한국철도공사(차세대신호처, 기술연구처)
제목 무선통신기반 열차제어시스템(KRTCS_2)용 「한국철도표준규격(KRS) 제정(안)」 의견 조회

상위문서 ID 처리기한

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.

2. 국가 R&D 과제 관련 무선통신기반 열차제어시스템(KRTCS_2)용 「한국철도표준규격(KRS) 제정(안)」에 대하여 의견을 조회하오니 '17.10.12(목)까지 붙임 양식에 따라 검토의견을 제출하여 주시기 바라며,

3. 위 기간 내에 회신이 없으면 의견없음으로 처리할 예정임을 알려 드립니다.

붙임 1. 한국철도표준규격(KRS) 제정(안) 1부.
2. 의견제출 양식 1부. 끝.

한국철도시설공단이사장

수신자 서울교통공사사장, 도시기반시설본부장, 기술본부(신호처장), 수도권본부(시설관리처장), 수도권본부(수도권사업단장), 영남본부(시설관리처장), 영남본부(중앙남부사업단장), 호남본부(시설관리처장), 호남본부(호남권사업단장), 중부본부(시설관리처장), 중부본부(중청권사업단장), 강원본부(시설관리처장), 강원본부(중앙선사업단장), 강원본부(원주강릉사업단장), 시설본부(시설계획처장), KR연구원(설계기준처장), 한국철도공사 사장

협조자 무선통신연구팀장 윤학선

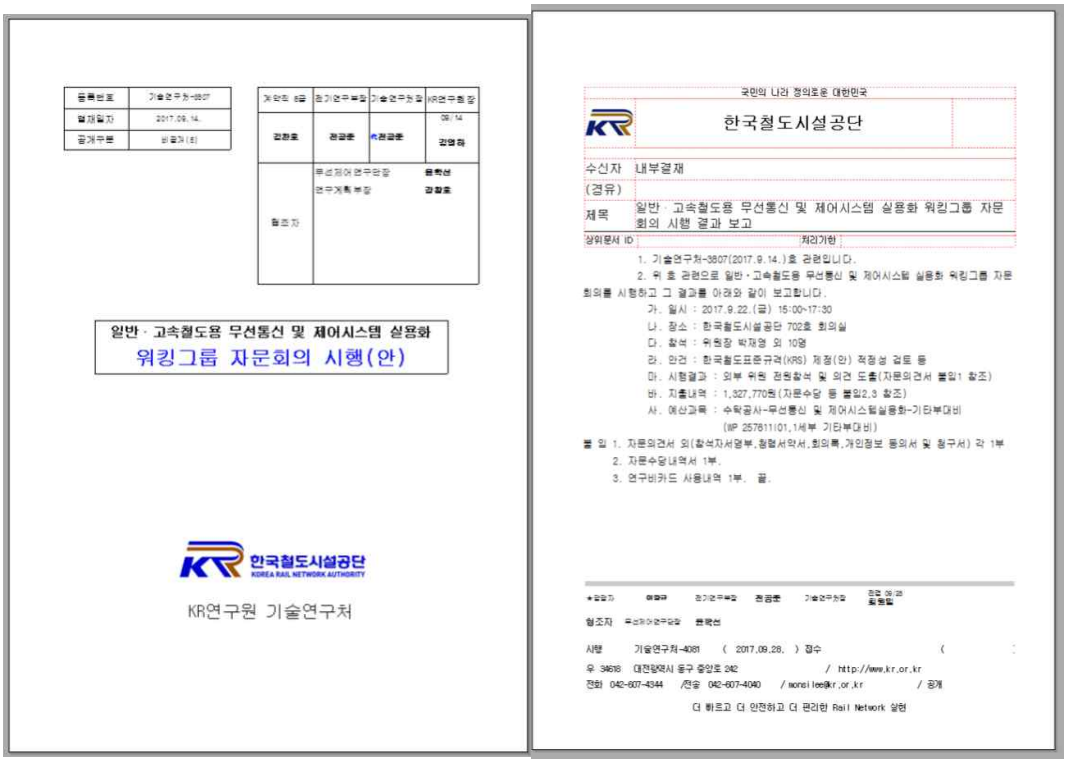
시행 기술연구처-4051 (2017.09.27.) 접수 ( )

우 34618 대전광역시 동구 중앙로 242 / http://www.kr.or.kr

전화 042-607-4395 /전송 042-607-4040 / kr43595@kr.or.kr / 공개

더 빠르고 더 안전하고 더 편리한 Rail Network 실현

1.1.1.1.1.1. KRS제정 워킹그룹 자문회의



등록번호	기술연구처-3807
등재일자	2017.09.14.
공개구분	비공개(S)

기안자 성명	전기연구부장	기술연구처장	KR연구원장
결재일	전결권	전결권	09/14
협조자	무선제어연구단장		윤학선
	연구계획부장		결재중

일반 · 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화
워킹그룹 자문회의 시행(안)

한국철도시설공단
KORE A RAIL NETWORK AUTHORITY

KR연구원 기술연구처

국민의 나라 정의로운 대한민국

한국철도시설공단

수신자 내부결재
(경유)
제목 일반 · 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화 워킹그룹 자문회의 시행 결과 보고
상위문서 ID 처리기한

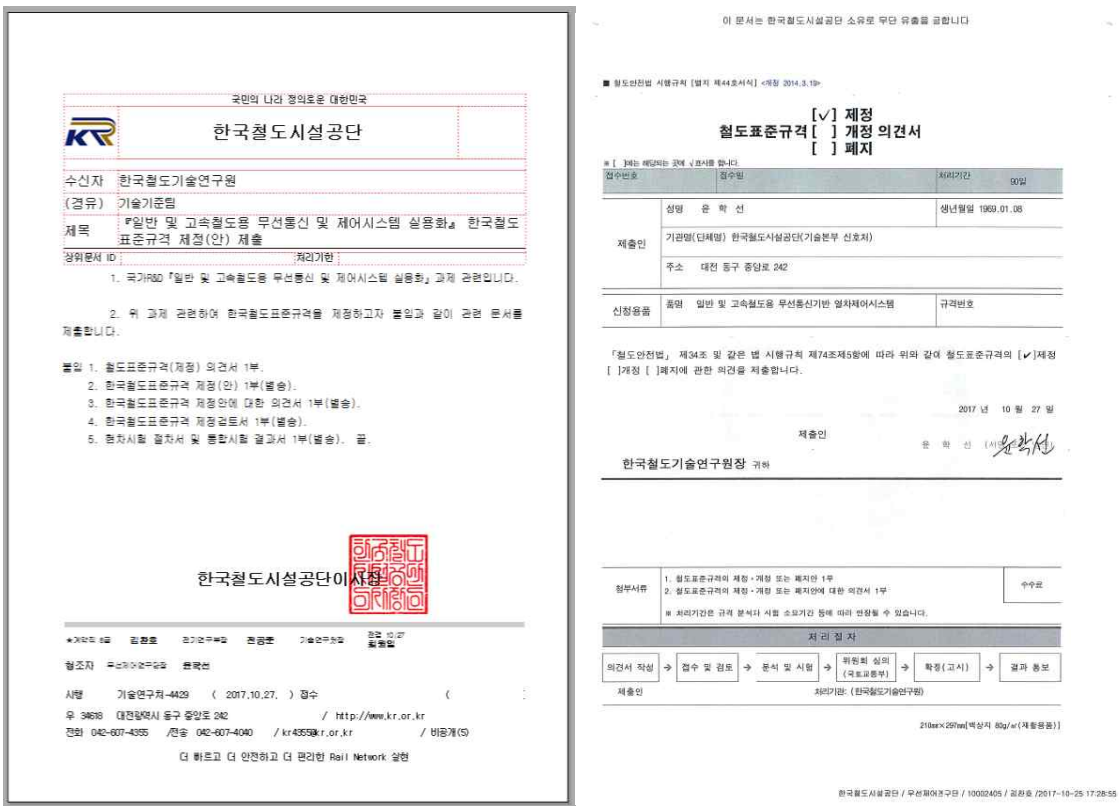
1. 기술연구처-3807(2017.9.14.)호 관련입니다.
2. 위 호 관련으로 일반·고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화 워킹그룹 자문회의를 시행하고 그 결과를 아래와 같이 보고합니다.

가. 일시 : 2017.9.22.(금) 15:00~17:30
나. 장소 : 한국철도시설공단 702호 회의실
다. 참석 : 위원장 박재영 외 10명
라. 안건 : 한국철도표준규격(KRS) 제정(안) 적정성 검토 등
마. 시행결과 : 외부 위원 전원참석 및 의견 도출(자문의견서 붙임1 참조)
바. 지출내역 : 1,327,770원(자문수당 등 붙임2,3 참조)
사. 예산과목 : 수탁공사-무선통신 및 제어시스템실용화-기타부대비
(BP 2576111(01,1세부 기타부대비)

붙 임 1. 자문의견서 외(참석자서명부,참석서약서,회의록,개인정보 동의서 및 청구서) 각 1부
2. 자문수당내역서 1부.
3. 연구비카드 사용내역 1부. 끝.

협조자 무선제어연구단장 윤학선
시행 기술연구처-4081 (2017.09.28.) 접수
우 34618 대전광역시 동구 중앙로 242 / http://www.kr.or.kr
전화 042-607-4344 /전송 042-607-4040 / wonsil@kr.or.kr / 공개
더 바르고 더 안전하고 더 편리한 Rail Network 실현

1.1.1.1.1.1. KRS 제정 요청(한국철도기술연구원)



국민의 나라 정의로운 대한민국

한국철도시설공단

수신자 한국철도기술연구원
(경유) 기술기준팀
제목 『일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화』 한국철도표준규격 제정(안) 제출
상위문서 ID 처리기한

1. 국가R&D 『일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화』 과제 관련입니다.
2. 위 과제 관련하여 한국철도표준규격을 제정하고자 붙임과 같이 관련 문서를 제출합니다.

붙임 1. 철도표준규격(제정) 의견서 1부.
2. 한국철도표준규격 제정(안) 1부(별송).
3. 한국철도표준규격 제정안에 대한 의견서 1부(별송).
4. 한국철도표준규격 제정검토서 1부(별송).
5. 형차시험 절차서 및 통합시험 결과서 1부(별송). 끝.

한국철도시설공단이사장

★기안자 성명 김광호 전기연구부장 전결권 기술연구처장 전결 10/27 윤학선
협조자 무선제어연구단장 윤학선
시행 기술연구처-4429 (2017.10.27.) 접수
우 34618 대전광역시 동구 중앙로 242 / http://www.kr.or.kr
전화 042-607-4355 /전송 042-607-4040 / kr4355@kr.or.kr / 비공개(S)
더 바르고 더 안전하고 더 편리한 Rail Network 실현

이 문서는 한국철도시설공단 소유로 무단 유출을 금합니다

■ 철도안전법 시행규칙 [별지 제44호서식] <개정 2014.3.19>

[√] 제정
철도표준규격 [ ] 개정 의견서
[ ] 폐지

※ [ ]에는 해당되는 곳에 √표시를 합니다.

접수번호	접수일	처리기간 90일
제출인	성명 윤 학 선	생년월일 1969.01.08
	기관명(단체명) 한국철도시설공단(기술본부 신호처)	
	주소 대전 동구 중앙로 242	
신청용품	품명 일반 및 고속철도용 무선통신기반 열차제어시스템	규격번호

「철도안전법」 제34조 및 같은 법 시행규칙 제74조제5항에 따라 위와 같이 철도표준규격의 [✔]제정 [ ]개정 [ ]폐지에 관한 의견을 제출합니다.

2017 년 10 월 27 일

제출인 윤 학 선 (서명 또는 인)

한국철도기술연구원장 귀하

첨부서류	1. 철도표준규격의 제정·개정 또는 폐지안 1부 2. 철도표준규격의 제정·개정 또는 폐지안에 대한 의견서 1부 ※ 처리기간은 규격 분석과 시험 소요기간 등에 따라 연장될 수 있습니다.	수수료

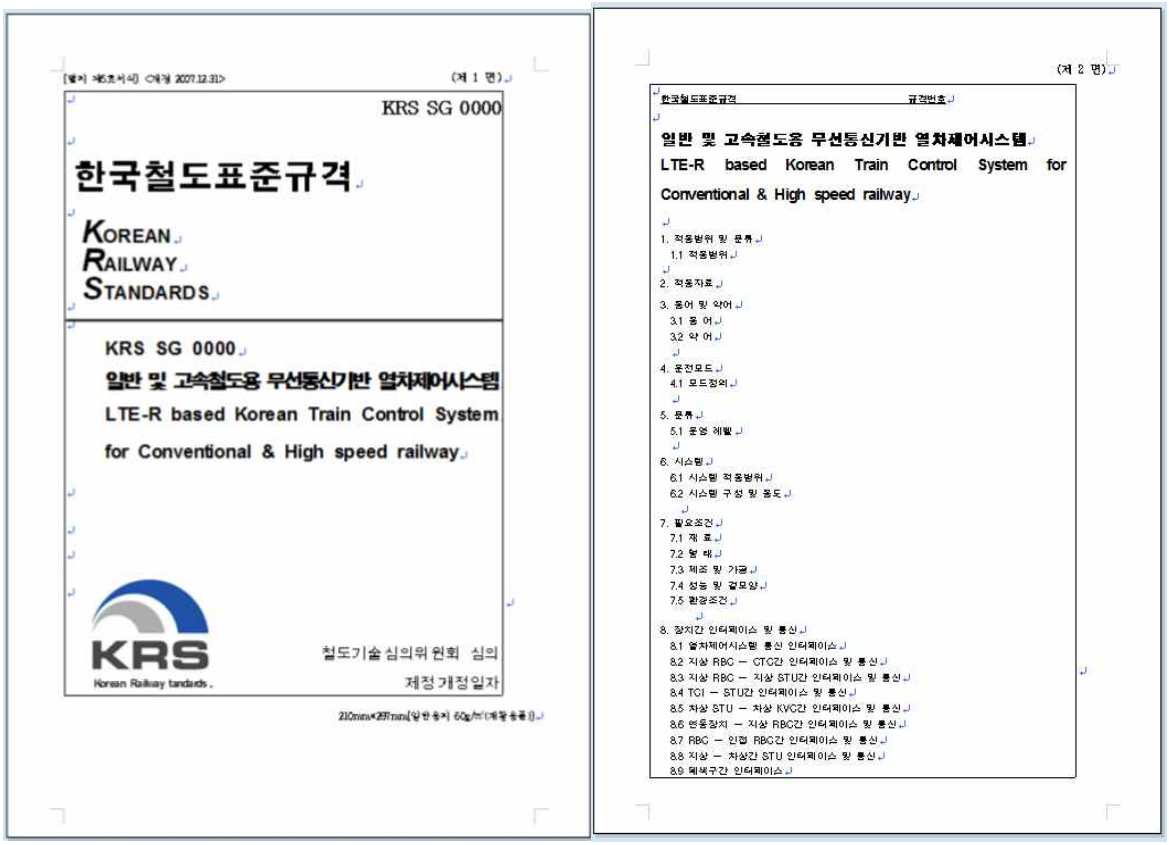
처 리 절 차

의견서 작성 → 접수 및 검토 → 분석 및 시험 → 위원회 심의 (국토교통부) → 확정(고시) → 결과 통보

제출인 처리기관: (한국철도기술연구원)

210mm×297mm[백상지 80g/㎡(재활용품)]

한국철도시설공단 / 무선제어연구단 / 10002405 / 김광호 /2017-10-25 17:28:55



(제 1 편)

KRS SG 0000

한국철도표준규격

KOREAN
RAILWAY
STANDARDS

KRS SG 0000

일반 및 고속철도용 무선통신기반 열차제어시스템

LTE-R based Korean Train Control System for Conventional & High speed railway

KRS
Korean Railway tandards.

철도기술심의위원회 심의
제정/개정일자

(제 2 편)

한국철도표준규격 규격번호

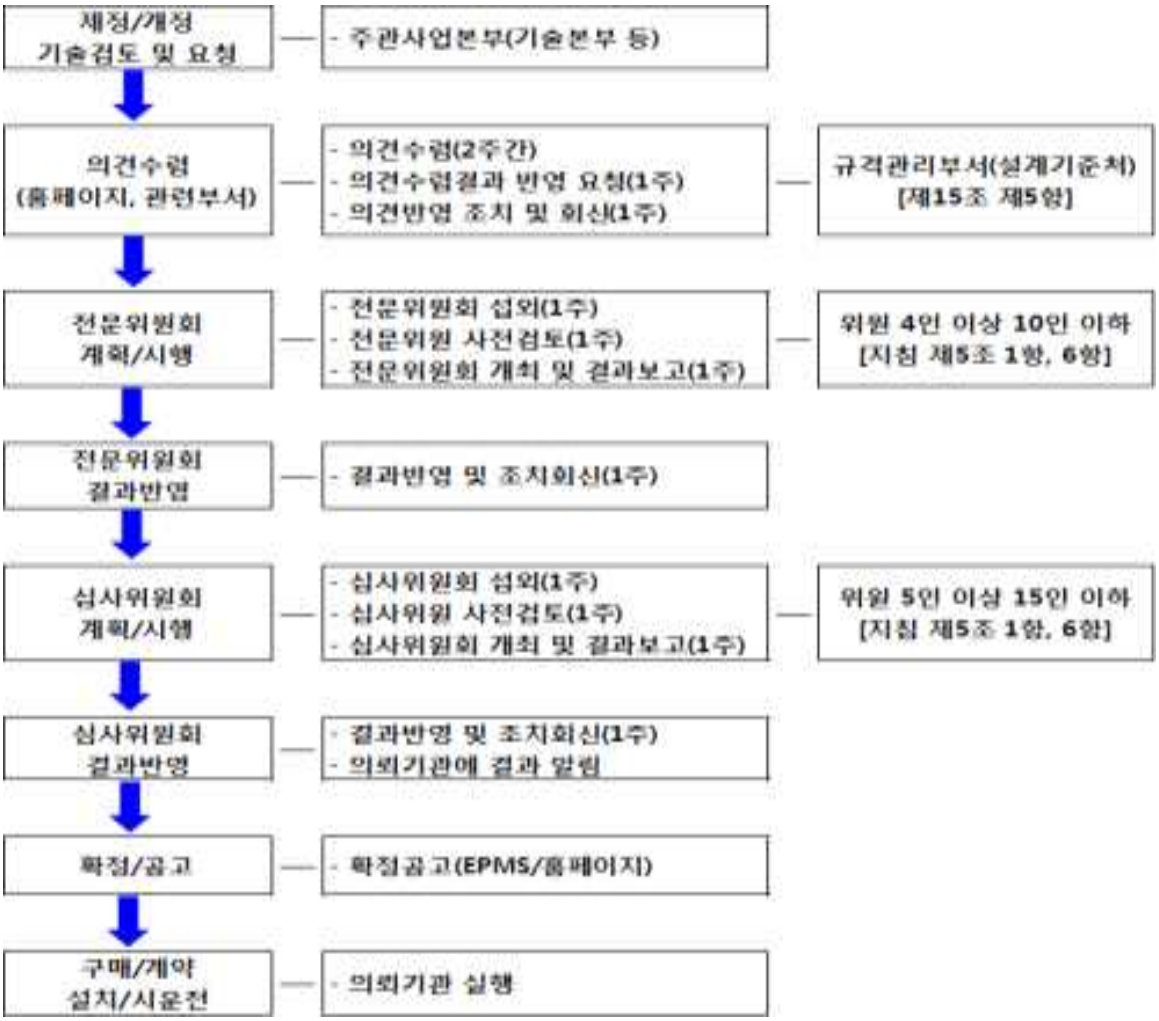
일반 및 고속철도용 무선통신기반 열차제어시스템

LTE-R based Korean Train Control System for Conventional & High speed railway

1. 적용범위 및 분류
1.1 적용범위
2. 적용자료
3. 용어 및 약어
3.1 용 어
3.2 약 어
4. 운전모드
4.1 모드정의
5. 분류
5.1 운영 레벨
6. 시스템
6.1 시스템 적용범위
6.2 시스템 구성 및 동도
7. 필요조건
7.1 재 료
7.2 형 태
7.3 제조 및 가공
7.4 성능 및 겉모양
7.5 환경조건
8. 장치간 인터페이스 및 통신
8.1 열차제어시스템 통신 인터페이스
8.2 지상 RBC – CTC간 인터페이스 및 통신
8.3 지상 RBC – 지상 STU간 인터페이스 및 통신
8.4 TCI – STU간 인터페이스 및 통신
8.5 차상 STU – 차상 KVC간 인터페이스 및 통신
8.6 연동장치 – 지상 RBC간 인터페이스 및 통신
8.7 RBC – 인접 RBC간 인터페이스 및 통신
8.8 지상 – 차상간 STU 인터페이스 및 통신
8.9 폐복구간 인터페이스

1.1.1.1. 한국철도시설공단 표준규격(KRSA) 제정 지원

1.1.1.1.1. 한국철도표준규격(KRS) 제정 추진 절차



1.1.1.1.1. 추진 경과

○ ‘17.08.29. 공단 잠정표준규격제정관련 설계기준처 협의

- 공단 잠정표준규격제정 진행방법 및 절차 협의

○ 17.09.04. 공단 잠정표준규격제정관련 설계기준처 협의

- 공단 잠정표준규격제정관련 작성방법, 규격제정 절차 등 협의

○ 17.09.07. 공단 잠정표준규격제정관련 기술본부 신호설계부와 업무협의

- 공단 잠정표준규격제정 기술검토

○ 17.10.27. 공단 잠정표준규격제정관련 의견반영 사항 작업

- 잠정표준규격제정관련 관계기관 의견 및 참여기업 의견 수정반영

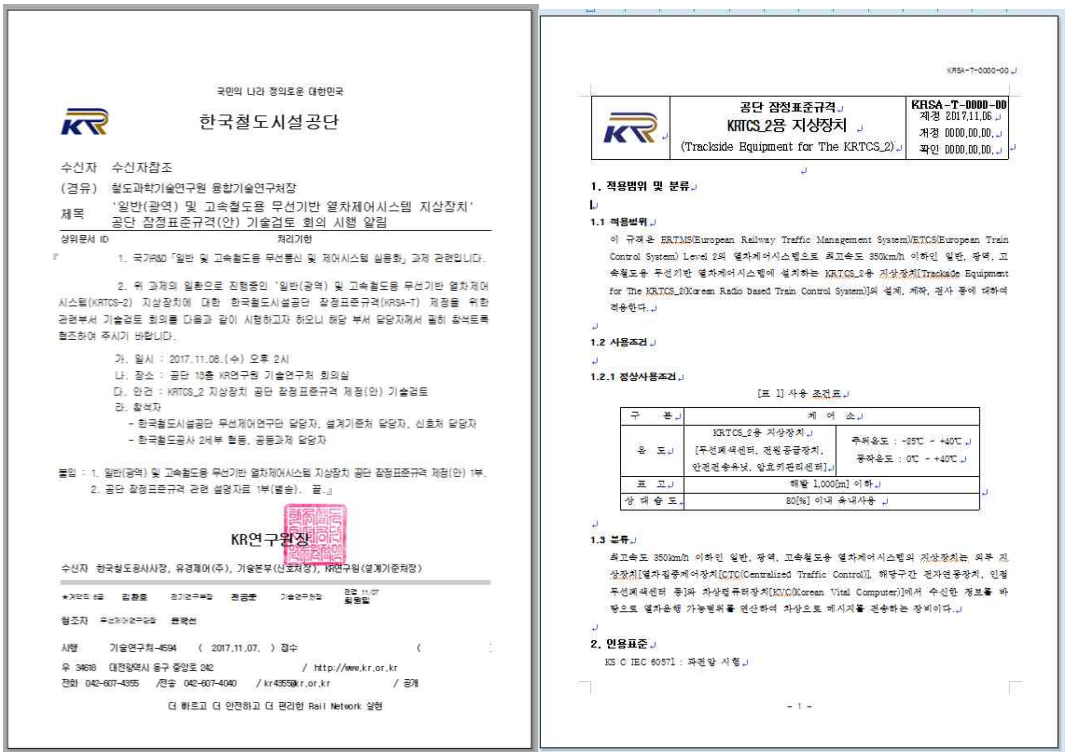
○ 17.11.13. 공단 잠정표준규격제정관련 기술본부 신호처 송부

- 공단잠정표준규격 제정관련 서류 보완 후 신청서류 송부

-18.1.15 공단 표준규격 제정 요청(신호처→기준심사처)

1.1.1.1.1. 추진 내용(증빙 자료)

1.1.1.1.1.1. 공단 KRSA 규격 실무 검토 회의



국민의 나라 정의로운 대한민국

한국철도시설공단

수신자 수신자참조

(경유) 철도과학기술연구원 융합기술연구처장

제목 '일반(광역) 및 고속철도용 무선기반 열차제어시스템 지상장치' 공단 잠정표준규격(안) 기술검토 회의 시행 알림

상위문서 ID 처리기한

1. 국가R&D 「일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화」 과제 관련입니다.

2. 위 과제의 일환으로 진행중인 '일반(광역) 및 고속철도용 무선기반 열차제어시스템(KRTCS-2) 지상장치에 대한 한국철도시설공단 잠정표준규격(KRSA-T) 제정을 위한 관련부서 기술검토 회의를 다음과 같이 시행하고자 하오니 해당 부서 담당자께서 필히 참석토록 협조하여 주시기 바랍니다.

가. 일시 : 2017.11.08.(수) 오후 2시
나. 장소 : 공단 15층 KR연구원 기술연구처 회의실
다. 안건 : KRTCS_2 지상장치 공단 잠정표준규격 제정(안) 기술검토
라. 참석자
- 한국철도시설공단 무선제어연구단 담당자, 설계기준처 담당자, 신호처 담당자
- 한국철도공사 2세부 철통, 공통과제 담당자

붙임 : 1. 일반(광역) 및 고속철도용 무선기반 열차제어시스템 지상장치 공단 잠정표준규격 제정(안) 1부.
2. 공단 잠정표준규격 관련 설명자료 1부(붙음). 끝.

KR연구원장

수신자 한국철도공사사장, 유경제어(주), 기술본부(신호처장), KR연구원(설계기준처장)

★처리과 장 김창로 전기연구부장 전공로 기술연구처장 접수 11/07

협조자 무선제어연구단장 윤학선

시행 기술연구처-4594 (2017.11.07.) 접수 (

우 34618 대전광역시 동구 중앙로 242 / http://www.kr.or.kr

전화 042-607-4355 /전송 042-607-4040 / kr4355@kr.or.kr / 공개

더 빠르고 더 안전하고 더 편리한 Rail Network 실현

KRSA-T-0000-00

공단 잠정표준규격
KRTCS_2용 지상장치
(Trackside Equipment for The KRTCS_2)

KRSA-T-0000-00
제정 2017.11.06
개정 0000.00.00.
확인 0000.00.00.

1. 적용범위 및 분류

1.1 적용범위

이 규격은 ERTMS(European Railway Traffic Management System)/ETCS(European Train Control System) Level 2의 열차제어시스템으로 최고속도 350km/h 이하인 일반, 광역, 고속철도용 무선기반 열차제어시스템에 설치하는 KRTCS_2용 지상장치[Trackside Equipment for The KRTCS_2(Korean Radio Based Train Control System)]의 설계, 제작, 검사 등에 대하여 적용한다.

1.2 사용조건

1.2.1 정상사용조건

[표 1] 사용 조건표

구 분	제 어 소	
용 도	KRTCS_2용 지상장치 [무선폐색센터, 전원공급장치, 안전전송유닛, 압요키잉리센터]	주위온도 : -25℃ ~ +40℃ 동작온도 : 0℃ ~ +40℃
표 고	해발 1,000[m] 이하	
상 대 습 도	80[%] 이내 옥내사용	

1.3 분류

최고속도 350km/h 이하인 일반, 광역, 고속철도용 열차제어시스템의 지상장치는 외부 지상장치[열차집중제어장치(CTC(Centralized Traffic Control)], 해당구간 전자연동장치, 인접 무선폐색센터 등]와 차상컴퓨터장치(KVC(Korean Vital Computer))에서 수신한 정보를 바탕으로 열차운행 가능범위를 연산하여 차상으로 메시지를 전송하는 장비이다.

2. 인용표준

KS C IEC 60571 : 파괴당 시험

- 1 -

1.1.1.1.1.1. 공단 KRSA 사업부서 송부(기술본부 신호처) : '2017.11.13



국민의 나라 정의로운 대한민국

한국철도시설공단

수신자 기술본부(신호처장)

(경유)

제목 "일반(광역) 및 고속철도용 무선기반 열차제어시스템 지상장치" 공단 잠정표준규격(안) 송부

상위문서 ID 처리기한

1. 국가R&D 「일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화」 과제 관련입니다.

2. 위 호 과제의 일환으로 진행중인 "일반(광역) 및 고속철도용 무선기반 열차제어시스템(KRTCS-2) 지상장치에 대한 한국철도시설공단 잠정표준규격(KRSA-T) 제정(안)을 붙임과 같이 송부합니다.

붙임 1. 일반(광역) 및 고속철도용 무선기반 열차제어시스템 지상장치 공단 잠정표준규격 산청서 1부.
2. 일반(광역) 및 고속철도용 무선기반 열차제어시스템 지상장치 공단 잠정표준규격 제정(안) 1부.
3. 공단 잠정표준규격 관련 KRTCS_2 설명자료 1부.
4. 공단 잠정표준규격 관련 KRTCS_2 근거자료 1부. 끝.

KR연구원장 [illegible]

★처리과 장 김창로 전기연구부장 전공로 기술연구처장 접수 11/13

협조자 무선제어연구단장 윤학선

시행 기술연구처-4579 (2017.11.13.) 접수

우 34618 대전광역시 동구 중앙로 242 / http://www.kr.or.kr

전화 042-607-4355 /전송 042-607-4040 / kr4355@kr.or.kr / 비공개(5)

더 빠르고 더 안전하고 더 편리한 Rail Network 실현

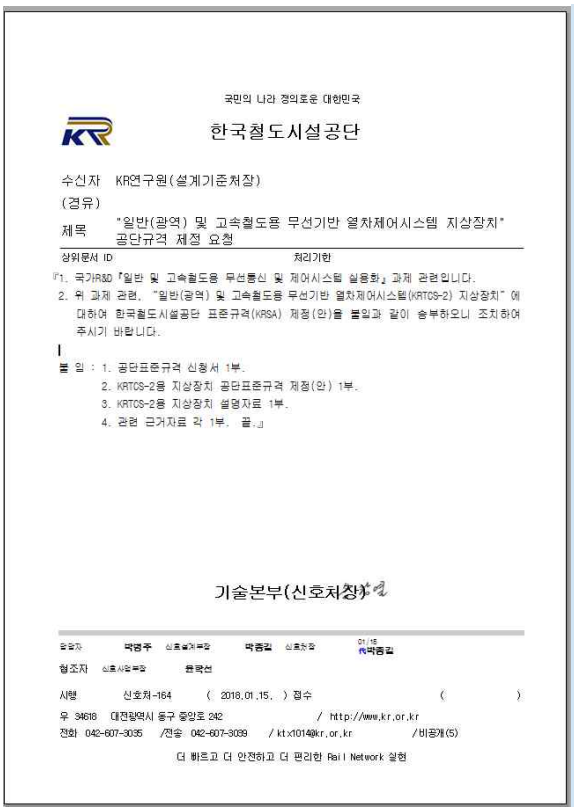
〈별지 1〉 표준의 제·개정 신청서 양식 (A4용)
철도용품표준규격관리지침 제14조 [별지 제1호 서식]

철도용품 잠정표준규격 신청서

품 명(가칭명)	KRTCS_2용 지상장치	주 무	제 정, 개 정, 폐 지
표준규격 제목	KRTCS_2용 열차제어시스템 지상장치		
신 청 목 적	국가 R&D "일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화"에 따라 개발 및 검증 완료된 KRTCS_2(일반고속철도용 지상장치의 잠정표준규격을 제정하고 함.		
신 청 이 유 및 필 요 성	지상장치(CTC, 전자연동장치, 인접 RBC)와 차상컴퓨터장치에서 수신한 정보를 바탕으로 판단 영역 내 해당차량으로 이동 권한 및 제한속도 정보를 보내는 KRTCS_2용 지상장치에 대하여 잠정표준규격을 제정하고자 함.		
표준제안 작성을 위한 시뮬레이션시험, 국외의 시험검증 시험운영 결과 및 내용	- 열차제어시스템에 대해 통합시험실 시험검증 장비를 활용하여 시험시나리오에 따라 검증. - 호남고속선(정읍~김제터널) 시험시나리오 통한 검증.		
타 규격과의 관련 및 조사사항	유럽표준규격 ERTMS/ETCS SRS Baseline 2(Ver 2.3.0d).) 한국철도표준규격(KRS) 한국철도시설공단 표준규격(KRSA).		
국외의 도입에 따른 표준제안 작성시 국외 적용실적,국외시험 검증 및 국내시험 검증 내용(국외운영기록, 설계 제작)관련 기술항목 등	- 국외시험 검증을 위한 방법으로 국제표준 ERTMS/ETCS에 정의한 Subset-026 시스템 요구사항 및 Subset-094 시험실 요구사항에 준하여 멀티웹사(벨기에) 장비를 활용하고 ETCS SRS Subset-076(Test Specifications, Test Sequences) 시험 시나리오에 의거 시험을 실시. - 호남고속선(정읍~김제터널) 시험시나리오 통한 검증.		
기 타			

붙임 : 규격 제·개정(안), 제·개정 설명자료, 근거자료 등.

1.1.1.1.1.1. 공단 사업부서 규격 제정 요청



국민의 나라 정의로운 대한민국

한국철도시설공단

수신자 KR연구원(설계기준처장)
(경유)
제목 "일반(광역) 및 고속철도용 무선기반 열차제어시스템 지상장치" 공단규격 제정 요청

상위문서 ID 처리기한

『1. 국가R&D 『일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화』 과제 관련입니다.
2. 위 과제 관련, "일반(광역) 및 고속철도용 무선기반 열차제어시스템(KRTCS-2) 지상장치" 에 대하여 한국철도시설공단 표준규격(KRSA) 제정(안)을 붙임과 같이 송부하오니 조치하여 주시기 바랍니다.

붙 임 : 1. 공단표준규격 신청서 1부.
2. KRTCS-2용 지상장치 공단표준규격 제정(안) 1부.
3. KRTCS-2용 지상장치 설명자료 1부.
4. 관련 근거자료 각 1부. 끝.』

기술본부(신호처장)

시행 신호처-164 (2018.01.15.) 접수 ( )

우 34618 대전광역시 동구 중앙로 242 / http://www.kr.or.kr
전화 042-607-3035 /전송 042-607-3039 / ktx1014@kr.or.kr /비공개(5)

더 빠르고 더 안전하고 더 편리한 Rail Network 실현



KRSA-2018-4000-R0

공단 표준규격
KRTCS_2용 지상장치
(Trackside Equipment for The KRTCS_2)

KRSA-2018-4000-R0
제정 2018.01.17
개정 0000.00.00.
확인 0000.00.00.

1. 적용범위 및 분류

1.1 적용범위

이 규격은 한국철도시설공단(이하 "공단" 이라 함)에서 제정 운영하는 ERTMS(European Railway Traffic Management System)/ETCS(European Train Control System) Level 2의 열차제어시스템으로 최고속도 350km/h 이하인 일반, 광역, 고속철도용 무선기반 열차제어시스템에 설치하는 KRTCS_2용 지상장치(Trackside Equipment for The KRTCS_2(Korean Radio based Train Control System))의 설계, 제작, 검사 등에 대하여 적용한다.

1.2 사용조건

1.2.1 정상사용조건

[표 1] 사용 환경표

구 분	제 어 소
용 도	KRTCS_2용 지상장치 [무선폐색센터, 전원공급장치, 안전전송유닛, 압프키관리센터]
	주위온도 : -25℃ ~ +40℃
	동작온도 : 0℃ ~ +40℃
표 고	해발 1,000[m] 이하
상 대 습 도	80[%] 이내 옥내사용

1.3 분류

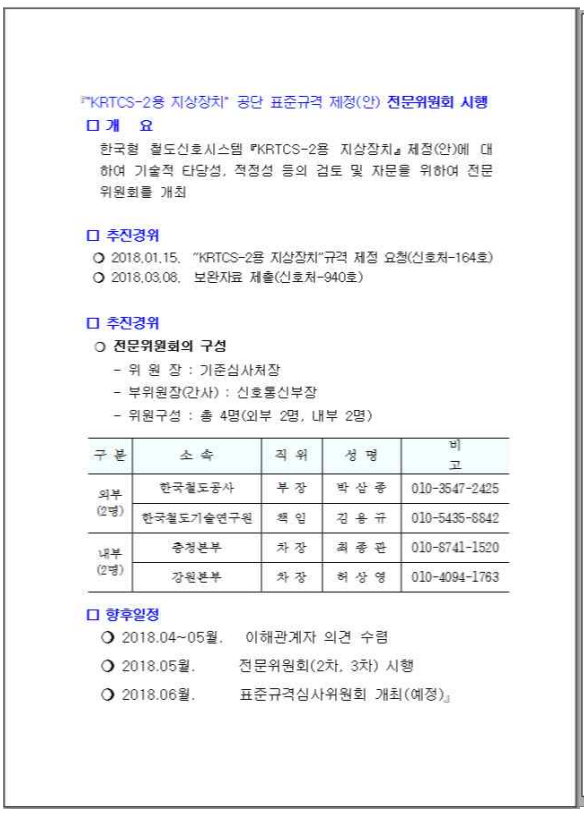
최고속도 350km/h 이하인 일반, 광역, 고속철도용 열차제어시스템의 지상장치는 외부 지상장치인 열차집중제어장치(CTC(Centralized Traffic Control)), KBC 차량 전자연동장치, 무선폐색센터 간 통화 차상정류보장치(KVCI(Korean Vital Computer))에서 수신한 정보를 바탕으로 열차운행 가능범위를 연산하여 차상으로 비시계를 전송하는 장비이다.

2. 인용표준

KS C IEC 60571 : 과련량 시험

- 1 -

1.1.1.1.1.1. 규격 제정부서 전문위원회 개최



"KRTCS-2용 지상장치" 공단 표준규격 제정(안) 전문위원회 시행

□ 개 요

한국형 철도신호시스템 『KRTCS-2용 지상장치』 제정(안)에 대하여 기술적 타당성, 적정성 등의 검토 및 자문을 위하여 전문위원회를 개최

□ 추진경위

○ 2018.01.15. "KRTCS-2용 지상장치"규격 제정 요청(신호처-164호)
○ 2018.03.08. 보완자료 제출(신호처-940호)

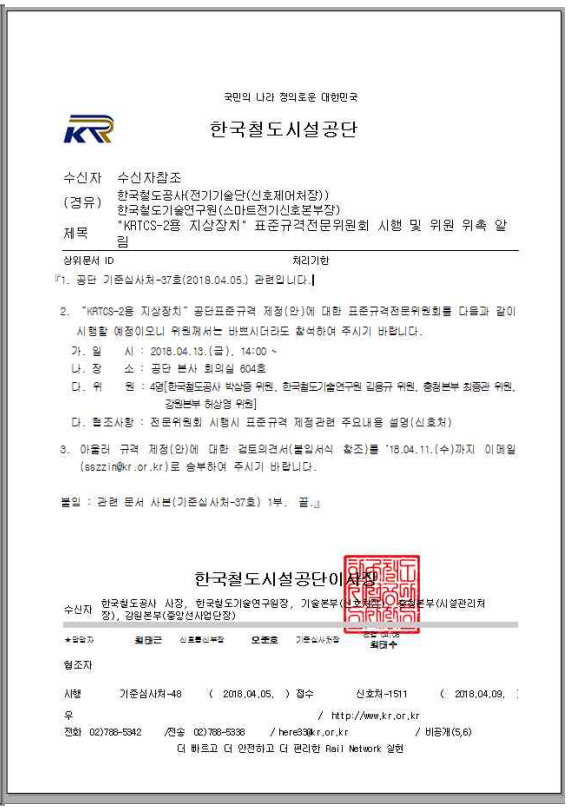
□ 추진경위

○ 전문위원회의 구성
- 위 원 장 : 기준심사처장
- 부위원장(간사) : 신호통신부장
- 위원구성 : 총 4명(외부 2명, 내부 2명)

구 분	소 속	직 위	성 명	비 고
외부 (2명)	한국철도공사	부 장	박 삼 종	010-3547-2425
	한국철도기술연구원	책 임	김 용 규	010-5435-8842
내부 (2명)	총괄본부	차 장	최 종 판	010-6741-1520
	강원본부	차 장	허 상 영	010-4094-1763

□ 향후일정

○ 2018.04~05월. 이해관계자 의견 수렴
○ 2018.05월. 전문위원회(2차, 3차) 시행
○ 2018.06월. 표준규격심사위원회 개최(예정)』



국민의 나라 정의로운 대한민국

한국철도시설공단

수신자 수신자참조
(경유) 한국철도공사(전기기술단(신호제어처장))
한국철도기술연구원(스마트전기신호본부장)
제목 "KRTCS-2용 지상장치" 표준규격전문위원회 시행 및 위원 위촉 알림

상위문서 ID 처리기한

『1. 공단 기준심사처-37호(2018.04.05.) 관련입니다.

2. "KRTCS-2용 지상장치" 공단표준규격 제정(안)에 대한 표준규격전문위원회를 다음과 같이 시행할 예정이오니 위원께서는 바쁘시더라도 참석하여 주시기 바랍니다.
가. 일 시 : 2018.04.13.(금), 14:00 ~
나. 장 소 : 공단 본사 회의실 604호
다. 위 원 : 4명[한국철도공사 박삼종 위원, 한국철도기술연구원 김용규 위원, 총괄본부 최종판 위원, 강원본부 허상영 위원]
다. 협조사항 : 전문위원회 시행시 표준규격 제정관련 주요내용 설명(신호처)

3. 아울러 규격 제정(안)에 대한 검토의견서(붙임서식 참조)를 '18.04.11.(수)까지 이메일(sszzin@kr.or.kr)로 송부하여 주시기 바랍니다.

붙임 : 관련 문서 사본(기준심사처-37호) 1부. 끝.』

한국철도시설공단이사장

수신자 한국철도공사 사장, 한국철도기술연구원장, 기술본부(신호처장), 총괄본부(시설관리처장), 강원본부(중앙선사업단장)

협조자

시행 기준심사처-48 (2018.04.05.) 접수 신호처-1511 (2018.04.09.)

우 / http://www.kr.or.kr
전화 02)788-5342 /전송 02)788-5338 / here330@kr.or.kr / 비공개(5,6)

더 빠르고 더 안전하고 더 편리한 Rail Network 실현

1.1.1.1. 전파사용료 개선을 위한 전파법 시행령 개정 지원 [부록1-5-4]

(1) 배 경

철도공단 및 공사는 열차무선을 운영하면서 전파법 제67조에 의거 연간 약 2억원의 전파사용료를 납부하고 있음 원주~강릉 LTE-R 도입을 계기로 산출한 전파사용료는 전국철도 구축 시 년간 약 1,300억원의 사용료 발생이 예상되어 관련기관 협의를 통한 전파사용료 개선 필요하여 행정적 기술적 지원

구 분	기존 전파사용료	LTE-R 전파사용료
1기당 단가	42,577원	3,001,134원
연간 사용료	178백만원	132,059백만원

(2) 추진 내용

국토부(철도운행안전과)가 주도적으로 전파사용료 감면 필요성 등에 대한 논리 등을 마련하고, 미래부와 협의하여 합리적인 방안 도출할 수 있도록 행정적 기술적 지원

○ 국토부와 합동 협의(구두, 방문보고)를 통해 전파사용료의 합리적인 개선방안 제안 및 미래부 협의 공동 대응 지원 업무

* 원주~강릉 LTE-R 도입 시급성 및 기재부, 미래부간 협의기간 장기화 등을 고려하여 우선 국토부를 무선국 개설자로 면제 추진하고, 장기적으로 시행령 개정을 통해 면제 추진

○ 전파사용료 개선을 통한 원주~강릉 LTE-R 도입은 국가 연구과제(R&D)의 실용화, 해외기술종속 탈피, 신기술 장려를 통한 내수 활성화, 철도수송용량 증대, 해외시장 수주참여 기회 확대 등 기여

○ 전파사용료 개선은 면제가 우선이나, 미래부의 감면방안 추진을 고려하여 법무처와 공조를 통해 전파사용료 감면을 위한 전파법 시행령 개정 등 추진

- 전파법 시행령 제89조 별표 7의 감면 무선국에 철도무선국을 추가
- 전파법 시행령 산정기준 산식을 현 수준의 VHF 방식으로 LTE-R 산식개정

현 행	개 정 (안)
전파법 시행령 제89조(전파사용료의 감면) 3. 제90조제2항제1호 또는 제2호에 해당하는 무선국으로서 부과할 전파사용료가 3천만원 미만인 무선국과 **별표7에 해당하는 무선국** 별표7> 전파사용료가 **전부 감면되는 무선국**	**전파법 시행령 제89조(전파사용료의 감면)** 3. 제90조제2항제1호 또는 제2호에 해당하는 무선국으로서 부과할 전파사용료가 3천만원 미만인 무선국과 **별표7에 해당하는 무선국** 별표7> 전파사용료가 **전부 감면되는 무선국**

구분	주파수대 (MHz)	전파의 폭(kHz)	공중선 전력(W)
선박국	2	2.8	50w 이하
	27	2.8	20w 이하
	156	16	25w 이하
항공기국	100	6	10w 이하
간이 무선국	146	8.5	5w 이하

전파법 시행령 제90조제2항제2호 관련, 별표10

운 용 목 적	계 수
1. 무선항행업무(레이더·트랜스폰더·거리측정기·전파고도계)	0.5
2. 무선측위(탐지 및 표지를 포함한다) 업무	0.1
3. 제1호 및 제2호를 제외한 업무	1

구분	주파수대 (MHz)	전파의 폭(kHz)	공중선 전력(W)
선박국	2	2.8	50w 이하
	27	2.8	20w 이하
	156	16	25w 이하
항공기국	100	6	10w 이하
간이무선국	146	8.5	5w 이하
철도무선국	**700**	**10MHz**	**40w 이하**

전파법 시행령 제90조제2항제2호 관련, 별표10

운 용 목 적	계 수
1. 무선항행업무(레이더·트랜스폰더·거리측정기·전파고도계)	0.5
2. 무선측위(탐지 및 표지를 포함한다) 업무	0.1
3. 제1호 및 제2호를 제외한 업무	1
4. 국가 재난망 구축과 이와 연계한 업무 (신설)	**0.012**

(3) 전파법 개정 결과

○ ‘17.01 : 전파법 시행령 개정(전파사용료 대폭 감면, 2,600억→25억)

- 현행 전파법 67조(전파사용료)는 향후 전국구축망 완료시(2025년) 연간 2600억 소요되나, 이를 개선하기 위하여 LTE-R 전파사용료 산정식 개선)

- 전파법 시행령 제90조 제2항 제2호 별표 10의 4항에 목적계수 신설(0.012)

- 전파사용료의 감면 대상을 기간통신사업자에서 시설자로 확대

- 연간 2,500억 사업비 절감

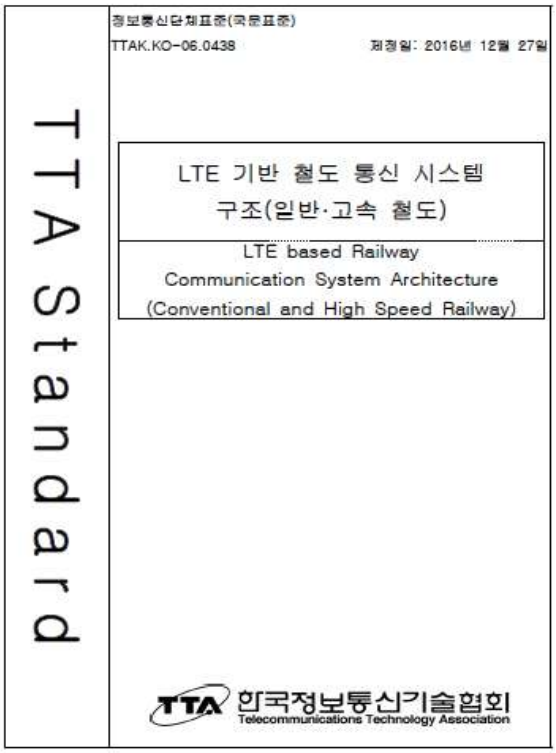
- 전파법 시행령 제32조, 시행규칙 제4조 제2항등 개정완료 (17.1.24)

1.1.1.1. LTE-R 철도전용 무선통신망 표준 제정 지원

1.1.1.1.1.1. 2016.12.27.한국정보통신기술협회(TTA) 표준 채택(2건)

- LTE기반 철도통신 시스템 요구사항(일반 및 고속철도), 표준번호 : TTAK.KO-06.0437

- LTE기반 철도통신 시스템 구조(일반 및 고속철도), 표준번호 : TTAK.KO-06.0438

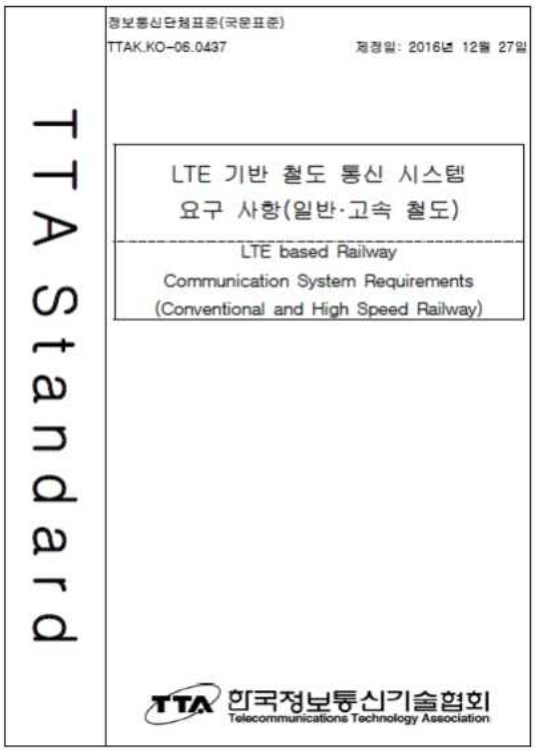

TTA Standard

정보통신단체표준(국문표준)
TTAK.KO-06.0438 제정일: 2016년 12월 27일

LTE 기반 철도 통신 시스템
구조(일반·고속 철도)

LTE based Railway
Communication System Architecture
(Conventional and High Speed Railway)

TTA 한국정보통신기술협회
Telecommunications Technology Association


TTA Standard

정보통신단체표준(국문표준)
TTAK.KO-06.0437 제정일: 2016년 12월 27일

LTE 기반 철도 통신 시스템
요구 사항(일반·고속 철도)

LTE based Railway
Communication System Requirements
(Conventional and High Speed Railway)

TTA 한국정보통신기술협회
Telecommunications Technology Association

1.1.1.1. 실용화 지원 협의체 구성·운영 지원(국토부) [부록1-5-5]

1.1.1.1.1. 추진목적

개발자, 사용자 및 전문가가 참여하는 협의체를 구성하여 필요한 사항을 지원하는 한편 검증을 체계적으로 관리하고자 함

○ 협의체 구성

- 국토교통부 : 철도안전정책관, 철도시설안전과장 외
- 국토진흥원 : 철도실장, 과제담당자
- 연구단 : 연구단장, 연구과제책임자
- 철도공단 : 신호처장, 시설개량처장
- 철도공사 : 차세대신호처장, 고속차량처장, 일반차량처장, 전동차량처장
- 철도연 : 철도안전실장, 책임연구원
- TUV-SUD, 서울과기대, 한국교통대 교수
- 참여기업 3개 컨소시엄 (7개사)

1.1.1.1.2. 추진 경과

○ '17.06.30. 한국형 철도신호시스템(KRTCS_2) 실용화 지원 협의체 1차 회의
  - 한국형 철도신호시스템(KRTCS_2) 개발 및 검증 현황 보고

○ '17.07.28. 한국형 철도신호시스템(KRTCS_2) 실용화 지원 협의체 2차 회의
  - 한국형 철도신호시스템(KRTCS_2) 개발 및 검증 현황 보고

○ '17.09.06. 한국형 무선통신기반 신호시스템(KRTCS_2) 적용방안 검토

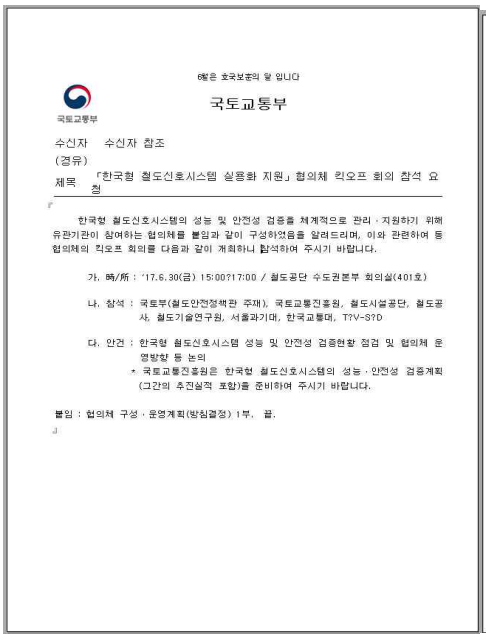
○ '17.09.08. 한국형 철도신호시스템(KRTCS_2) 실용화 지원 협의체 3차 회의

- 한국형 철도신호시스템(KRTCS_2) 개발 및 검증 현황 보고

○ ‘17.10.27. 한국형 철도신호시스템(KRTCS_2) 실용화 지원 협의체 4차 회의 자료 제출

- 한국형 철도신호시스템(KRTCS_2) 개발 현안사항 보고

1.1.1.1.3. 추진 내용 (협의체 회의 시행 1~4차)



국토교통부

수신자 수신자 참조
(경유)
제목 「한국형 철도신호시스템 실용화 지원」 협의체 킥오프 회의 참석 요청

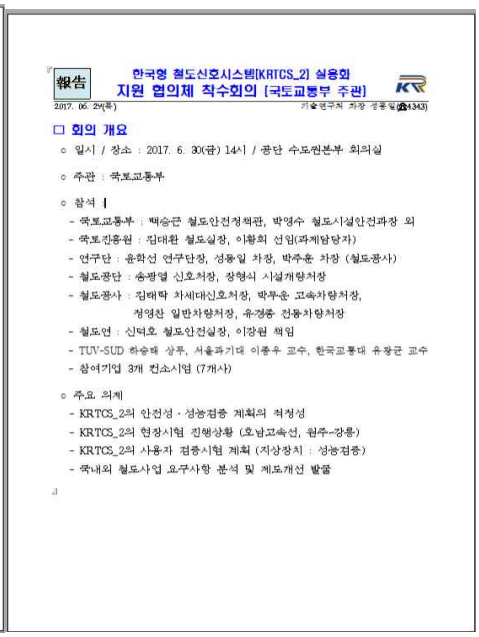
한국형 철도신호시스템의 성능 및 안전성 검증을 체계적으로 관리·지원하기 위해 유관기관이 참여하는 협의체를 붙임과 같이 구성하였음을 알려드리며, 이와 관련하여 동 협의체의 킥오프 회의를 다음과 같이 개최하니 참석하여 주시기 바랍니다.

가. 日/所 : ‘17.6.30(금) 15:00?17:00 / 철도공단 수도권본부 회의실(401호)

나. 참석 : 국토부(철도안전정책관 주재), 국토교통진흥원, 철도시설공단, 철도공사, 철도기술연구원, 서울과기대, 한국교통대, T?V-S?D

다. 안건 : 한국형 철도신호시스템 성능 및 안전성 검증현황 점검 및 협의체 운영방향 등 논의
* 국토교통진흥원은 한국형 철도신호시스템의 성능·안전성 검증계획(그간의 추진실적 포함)을 준비하여 주시기 바랍니다.

붙임 : 협의체 구성·운영계획(방침결정) 1부. 끝.



報告 한국형 철도신호시스템(KRTCS_2) 실용화 지원 협의체 작수회의 [국도교통부 주관]

2017. 06. 29(목) 기술연구처 차장 정동일(☎1343)

□ 회의 개요

○ 일시 / 장소 : 2017. 6. 30(금) 14시 / 공단 수도권본부 회의실

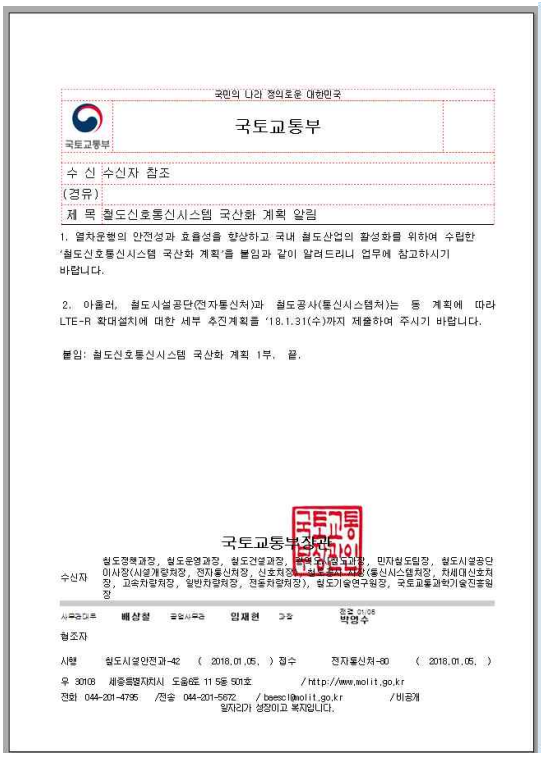
○ 주관 : 국토교통부

○ 참석
- 국토교통부 : 백승근 철도안전정책관, 박영수 철도시설안전과장 외
- 국토진흥원 : 김대환 철도실장, 이황희 선임(과제담당자)
- 연구단 : 윤학선 연구단장, 성용일 차장, 박주훈 차장 (철도공사)
- 철도공단 : 송광열 신호처장, 정형식 시설개량처장
- 철도공사 : 김태락 차세대신호처장, 박부윤 고속차량처장, 정영찬 일반차량처장, 유경종 전동차량처장
- 철도연 : 신덕호 철도안전실장, 이강원 책임
- TUV-SUD 하승태 상무, 서울과기대 이종우 교수, 한국교통대 유광균 교수
- 참여기업 3개 컨소시엄 (7개사)

○ 주요 의제
- KRTCS_2의 안전성·성능검증 계획의 적정성
- KRTCS_2의 현장시험 진행상황 (호남고속선, 원주-강릉)
- KRTCS_2의 사용자 검증시험 계획 (지상장치 : 성능검증)
- 국내외 철도사업 요구사항 분석 및 제도개선 발굴

1.1.1.1.1. 추진 성과

본 연구 진행 과정에서 필요한 지원사항을 확인하고 현차시험, SIL4인증 등의 어려움을 이해하고 과제 수행을 원활히 하기 위한 도움을 받았으며, 국토부 철도신호시스템 국산화 계획, 철도신호통신시스템 국산화 계획 등 정책 수립에 반영하였다.



국민의 나라 정의로운 대한민국

국토교통부

수 신 수신자 참조
(경유)
제 목 철도신호통신시스템 국산화 계획 알림

1. 열차운행의 안전성과 효율성을 향상하고 국내 철도산업의 활성화를 위하여 수립한 ‘철도신호통신시스템 국산화 계획’을 붙임과 같이 알려드리니 업무에 참고하시기 바랍니다.

2. 아울러, 철도시설공단(전자통신처)과 철도공사(통신시스템처)는 동 계획에 따라 LTE-R 확대설치에 대한 세부 추진계획을 ‘18.1.31(수)까지 제출하여 주시기 바랍니다.

붙임: 철도신호통신시스템 국산화 계획 1부. 끝.

국토교통부장관

수신자 철도정책과장, 철도운영과장, 철도건설과장, 철도안전과장, 민자철도팀장, 철도시설공단 이사장(시설개량처장, 전자통신처장, 신호처장), 한국철도공사(통신시스템처장, 차세대신호처장, 고속차량처장, 일반차량처장, 전동차량처장), 철도기술연구원장, 국토교통과학기술진흥원장

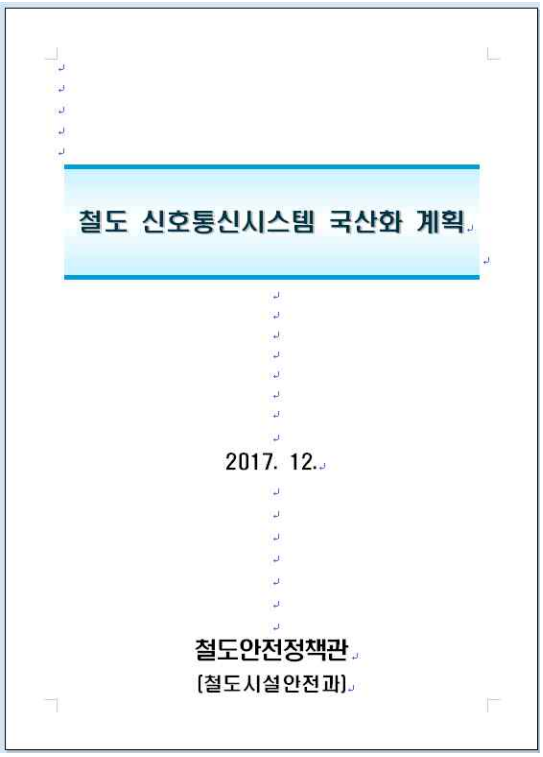
협조자

시행 철도시설안전과-42 (2018.01.05.) 접수 전자통신처-60 (2018.01.05.)

우 30103 세종특별자치시 도움6로 11 5동 501호 / http://www.molit.go.kr

전화 044-201-4795 /전송 044-201-5672 / beesc1@molit.go.kr /비공개

일자리가 생장이고 복지입니다.



철도 신호통신시스템 국산화 계획

2017. 12.

철도안전정책관
[철도시설안전과]

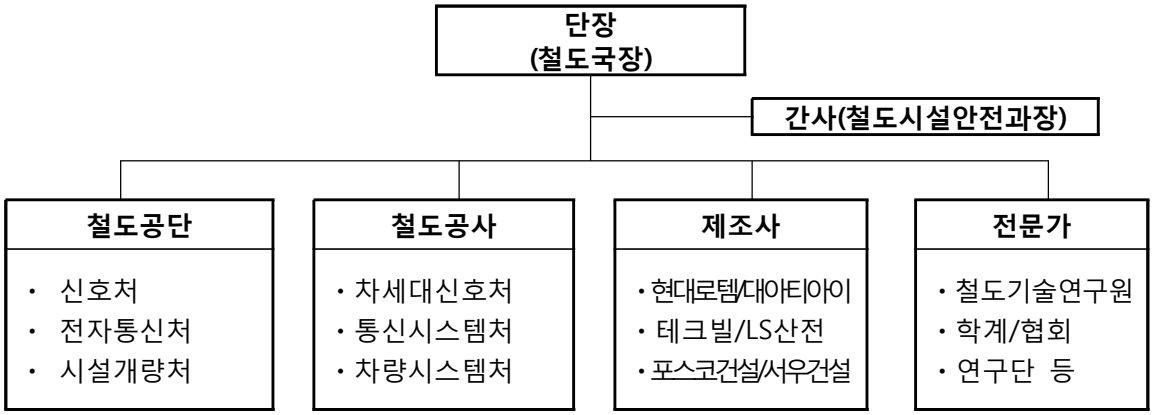
1.1.1.1. 시범사업 선정 협의체 구성·운영 지원(국토부) [부록1-5-6]

1.1.1.1.1. 추진목적

개발자, 사용자 및 전문가가 참여하는 협의체를 구성하여 시범사업의 적정성, 계획 수립, 노선 선정

○ (구성) 철도국장을 단장으로 철도공단 및 공사, 철도기술연구원, 신호시스템 제조사, 연구단, 외부 전문가 등 참여

<추진단 구성(안)>



○ (운영) 분기별로 정기회의를 개최하고, 필요시 철도시설안전과장이 주재하는 실무회의를 개최(정기회의 외에도 별도회의 개최 가능)

1.1.1.1.1. 추진 경과

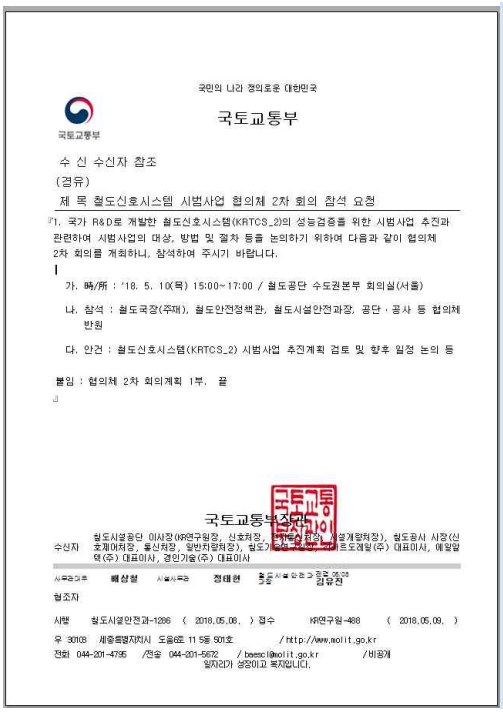
○ '17.04.17. 한국형 철도신호시스템(KRTCS_2) 시범사업 협의체 1차 회의

- 시범사업 계획의 적정성 등 검토

○ '17.05.10. 한국형 철도신호시스템(KRTCS_2) 시범사업 협의체 2차 회의

- 시범사업 계획의 적정성 등 검토 및 시범사업 노선 결정(전라선 익산~여수간)

1.1.1.1.2. 추진 내용 (협의체 회의 시행 1~2차)



국민의 나라 정의로운 대한민국

국토교통부

수 신 수신자 참조
(경유)
제 목 철도신호시스템 시범사업 협의체 2차 회의 참석 요청

1. 국가 R&D로 개발한 철도신호시스템(KRTCS_2)의 성능검증을 위한 시범사업 추진과 관련하여 시범사업의 대상, 방법 및 절차 등을 논의하기 위하여 다음과 같이 협의체 2차 회의를 개최하니, 참석하여 주시기 바랍니다.

가. 時/所 : '18. 5. 10(목) 15:00~17:00 / 철도공단 수도권본부 회의실(서울)

나. 참석 : 철도국장(주재), 철도안전정책관, 철도시설안전과장, 공단 · 공사 등 협의체 반원

다. 안건 : 철도신호시스템(KRTCS_2) 시범사업 추진계획 검토 및 향후 일정 논의 등

붙임 : 협의체 2차 회의계획 1부. 끝

국토교통부장관

수신자 철도시설공단 이사장(R&D연구원장, 신호처장, 기술본부장, 부이사장), 철도공사 사장(신호개발처장, 통신처장, 일반차량처장), 철도기술연구원 원장(철도시스템연구본부장), 로르조레일(주) 대표이사, 에일알텍(주) 대표이사, 경인기술(주) 대표이사

사무관 배상철 서기관 정태현 철도안전과 협조 05.09 김성관

협조자

시행 철도시설안전과-1286 (2018.05.08.) 접수 KR연구원-488 (2018.05.09.)

우 30103 세종특별자치시 도움6로 11 5동 501호 / http://www.molit.go.kr
전화 044-201-4795 /전송 044-201-5672 / beesic@molit.go.kr /비공개
일자리가 생생하고 복지입니다.

철도신호시스템(KRTCS_2) 시범사업 협의체 2차 회의 계획

철도시설안전과 배상철 主('18.5.2)

□ 회의개요

○ (時/所) '18. 5. 10(목) 15:00~17:00 / 철도공단 수도권본부 회의실(4층)

○ (참석) 철도국장(주재), 철도안전정책관, 철도시설안전과장, 협의체 구성원*

* 철도공단, 철도공사, 철도기술연구원, 리카르도레일, 에이알텍, 경인기술

□ 논의내용

○ 일반 · 고속철도 철도신호시스템(KRTCS_2) 시범사업 계획 검토

- 시범사업 목적과 이에 따른 시범사업 주요 내용의 적정성

- 시범노선 선정을 위한 주요 검토항목과 시범노선 검토

- 시범사업에 개발업체 참여 등 시범사업 추진방안 검토 등

○ KRTCS_2 사용자(공단, 공사) 요구사항 청취 등 기타 사항

□ 세부일정

시간계획	주 요 내 용	비 고
15:00~15:05. (5분)	○ 인사말씀	철도국장
15:05~15:10. (5분)	○ 참석자 소개	담당사무관
15:10~15:40. (30분)	○ 시범사업 계획 발표	철도공단 신호처장
15:40~16:55. (75분)	○ 질의 및 토론	참석자
16:55~17:00. (5분)	○ 마무리 말씀	철도국장

* 회의순서 및 시간은 상황에 따라 변경될 수 있음

1.1.1.1.1. 추진 성과

시범사업 선정 등 추진계획 수립을 수행하는 데 많은 도움이 있었으며, 국토부 철도신호 시스템 시범사업 추진 계획 등 정책 수립에 반영하였다.



국민의 나라 정의로운 대한민국

한국철도시설공단

수신자 국토교통부장관(철도시설안전과장)
(경유)
제목 한국형 신호시스템(KRTCS-2) 시범사업 추진계획 송부

상위문서 ID : 처리기한 :

1. 철도시설안전과-42호(2018.01.05.) 관련입니다.

2. 철도신호통신시스템 국산화 계획에 따라, 한국형 신호시스템(KRTCS-2) 시범사업 추진계획을 수립하여 붙임과 같이 송부합니다.

붙임 : 한국형 신호시스템(KRTCS-2) 시범사업 추진계획 1부. 끝.

한국철도시설공단이사장

★결재자 안재호 신호사업부장 원욱선 신호처장 송경업 전결 07.04

협조자

시행 신호처-2883 (2018.07.04.) 접수 ( )

우 34618 대전광역시 동구 중앙로 242 (한국철도시설공단) / http://www.kr.or.kr
전화 042-607-3125 /전송 042-607-3099 / bobdor1@kr.or.kr /비공개(5)

더 빠르고 더 안전하고 더 편리한 Rail Network 실현

감사
곽세환

일상감사 : 박진홍
감사번호 : 1112

등록번호	신호처-2879
결재일자	2018.07.04.
공개구분	비공개(5)

신호사업부장	신호처장	기술본부장	부이사장
원욱선	송경업	박미주	07/04 전미경
협조자			

한국형 신호시스템(KRTCS-2) 시범사업 추진계획(안)

주요이행사항	
전략경영위원회 사전여부	X
중기계획 수립 여부	○
예산및기관 영향사항분석	○
일자리 창출 기대효과	○

2018. 07

한국철도시설공단 KOREA RAIL NETWORK AUTHORITY

기술본부 신호처

바. 연구결과(열차제어시스템 및 철도전용 무선통신망)의 실용화를 위한 시범노선 선정

1) 열차제어시스템 시범노선 선정

가) 추진 경과

○'10.11월 열차 신호시스템 표준화 방안 수립(국토부 철도기술안전과)

(요약) KRTCS 개발 前, 일반철도는 ATP(저속구간 ATS), 고속철도는 ATC로 신설 또는 개량하고, 개발 완료 後, 국내 전 노선을 KRTCS로 신설 또는 개량

구분	현재(2010년)	KRTCS 개발 前	KRTCS 개발 後
일반철도	ATS, ATP	ATP	KRTCS (무선기반)
고속철도	ATC	ATC	
도시철도	ATS, ATC, CBTC 등	CBTC	

○'14.12월 일반 및 고속철도용 KRTCS-2 개발 착수('18.06.22 완료)

* 공단 주관 / 총 사업비 335억원 / 표준 : ERTMS/ETCS

○'16.05월 한국형 철도신호시스템 구축계획 알림 (국토부, 철도시설안전과)

○'17.06월 한국형 신호시스템 실용화 지원 협의체 구성 (국토부, 철도시설안전과)

- 철도안전정책관을 단장으로 공단, 코레일, 외부 전문가 협의체 회의

* 성공적인 연구개발을 위하여 시험·검증을 체계적으로 관리·지원

* Kick off회의(4.23), 2~5차 회의를 통하여, 사용자 요구사항 성능검증 등 지원

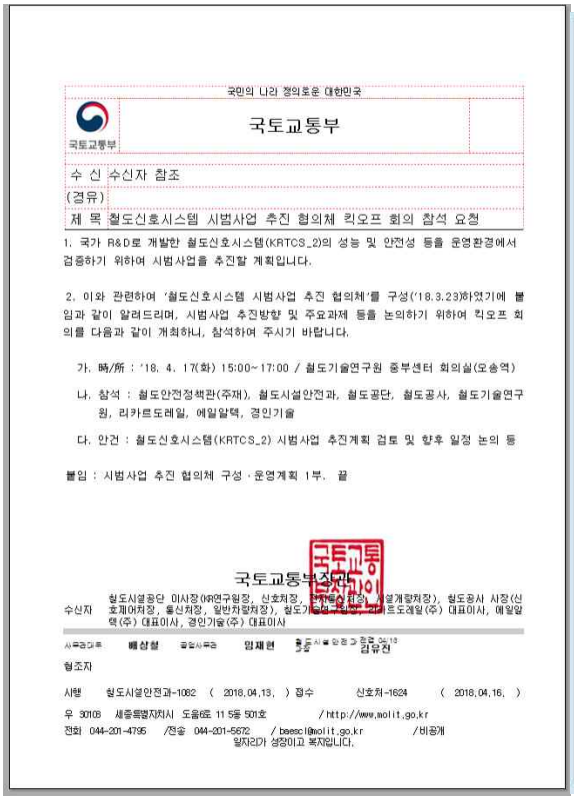
○'17.12월 철도 신호통신시스템 국산화 계획 수립 (국토부 철도시설안전과)

* 방안 : 한국형 신호통신시스템(KRTCS, LTE-R)의 인증, 검증, 예산, 차세대 개발 등을 정부차원에서 적극 지원하여 全 노선으로 확대 추진

- (KRTCS-2) 안전성·성능 검증(~'18.6) 지원 → **영업선 시범사업(~'21)** → 국가철도망 全 노선 구축('22~) 등 단계적으로 확대설치 추진(총 3.4조원)

가) 시범사업 추진 계획 수립

(1) 시범노선 추진 협의체 구성 운영 지원(국토부)



국민의 나라 정의로운 대한민국

국토교통부

수 신 수신자 참조

(경유)

제 목 철도신호시스템 시범사업 추진 협의체 킥오프 회의 참석 요청

1. 국가 R&D로 개발한 철도신호시스템(KRTCS_2)의 성능 및 안전성 등을 운영환경에서 검증하기 위하여 시범사업을 추진할 계획입니다.

2. 이와 관련하여 '철도신호시스템 시범사업 추진 협의체'를 구성('18.3.23)하였기에 붙임과 같이 알려드리며, 시범사업 추진방향 및 주요과제 등을 논의하기 위하여 킥오프 회의를 다음과 같이 개최하니, 참석하여 주시기 바랍니다.

가. 時/所 : '18. 4. 17(화) 15:00~17:00 / 철도기술연구원 종부센터 회의실(오송역)

나. 참석 : 철도안전정책관(주재), 철도시설안전과, 철도공단, 철도공사, 철도기술연구원, 리카르도레일, 에일알텍, 경인기술

다. 안건 : 철도신호시스템(KRTCS_2) 시범사업 추진계획 검토 및 향후 일정 논의 등

붙임 : 시범사업 추진 협의체 구성·운영계획 1부. 끝

국토교통부장관

수신자 철도시설공단 이사장(KR연구원장, 신호처장, 전자통신처장, 시설개량처장), 철도공사 사장(신호제어처장, 통신처장, 일반차량처장), 철도기술연구원 원장(철도도래일(주) 대표이사, 에일알텍(주) 대표이사, 경인기술(주) 대표이사

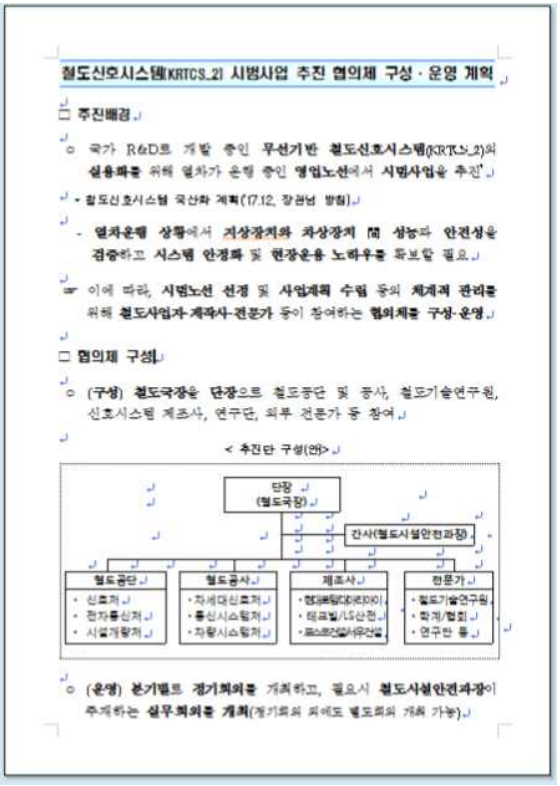
협조자

시행 철도시설안전과-1082 (2018.04.13.) 접수 신호처-1624 (2018.04.16.)

우 30103 세종특별자치시 도움6로 11 5동 501호 / http://www.molit.go.kr

전화 044-201-4795 /전송 044-201-5672 / baescl@molit.go.kr /비공개

일자리가 성장이고 복지입니다.



철도신호시스템(KRTCS_2) 시범사업 추진 협의체 구성·운영 계획

□ 추진배경

○ 국가 R&D로 개발 중인 **무선기반 철도신호시스템**(KRTCS_2)의 **실용화를 위해** 열차가 운행 중인 **영업노선**에서 **시범사업을 추진**

- 철도신호시스템 국산화 계획('17.12. 장관님 방침)

- **열차운행 상황**에서 **지상장치와 차상장치 間 성능과 안전성을 검증**하고 **시스템 안정화** 및 **현장운용 노하우를 확보**할 필요

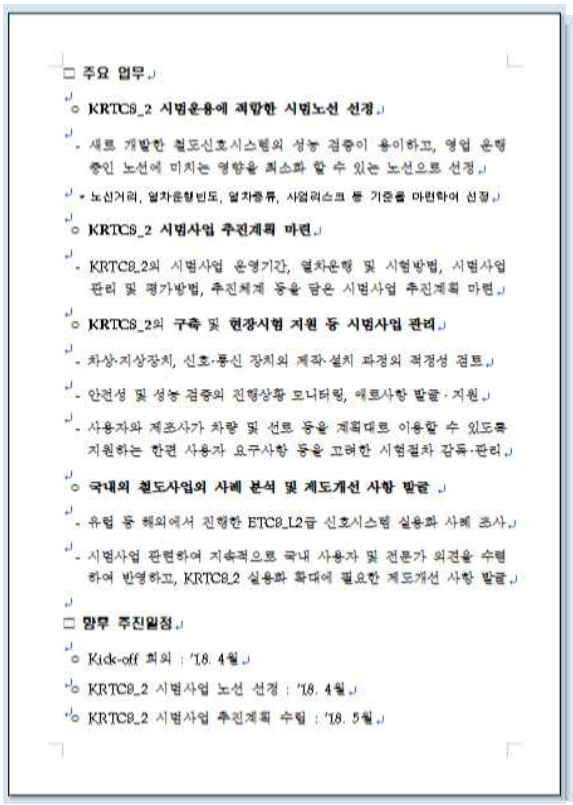
☞ 이에 따라, **시범노선 선정** 및 **사업계획 수립** 등의 **체계적 관리를 위해 철도사업자-제작사-전문가** 등이 참여하는 **협의체를 구성·운영**

□ 협의체 구성

○ **(구성) 철도국장을 단장**으로 철도공단 및 공사, 철도기술연구원, 신호시스템 제조사, 연구단, 외부 전문가 등 참여

< 추진단 구성(안)>

○ **(운영) 분기별로 정기회의를 개최**하고, 필요시 **철도시설안전과장이 주재하는 실무회의를 개최**(정기회의 외에도 별도회의 개최 가능)



□ 주요 업무

○ **KRTCS_2 시범운용에 적합한 시범노선 선정**

- 새로 개발한 철도신호시스템의 성능 검증이 용이하고, 영업 운행 중인 노선에 미치는 영향을 최소화 할 수 있는 노선으로 선정

* 노선거리, 열차운행빈도, 열차종류, 사업리스크 등 기준을 마련하여 선정

○ **KRTCS_2 시범사업 추진계획 마련**

- KRTCS_2의 시범사업 운영기간, 열차운행 및 시험방법, 시범사업 관리 및 평가방법, 추진체계 등을 담은 시범사업 추진계획 마련

○ **KRTCS_2의 구축 및 현장시험 지원 등 시범사업 관리**

- 차상·지상장치, 신호·통신 장치의 제작·설치 과정의 적정성 검토

- 안전성 및 성능 검증의 진행상황 모니터링, 애로사항 발굴·지원

- 사용자와 제조사가 차량 및 선로 등을 계획대로 이용할 수 있도록 지원하는 한편 사용자 요구사항 등을 고려한 시험절차 감독·관리

○ **국내외 철도사업의 사례 분석 및 제도개선 사항 발굴**

- 유럽 등 해외에서 진행한 ETCS_L2급 신호시스템 실용화 사례 조사

- 시범사업 관련하여 지속적으로 국내 사용자 및 전문가 의견을 수렴하여 반영하고, KRTCS_2 실용화 확대에 필요한 제도개선 사항 발굴

□ 향후 추진일정

○ Kick-off 회의 : '18. 4월

○ KRTCS_2 시범사업 노선 선정 : '18. 4월

○ KRTCS_2 시범사업 추진계획 수립 : '18. 5월



참고 KRTCS_2 시범사업 추진 TF 구성원

소속	직위(직급)	성 명	비고
국토교통부	철도국장	손영수	단장
	철도안전정책관	박성수	
	철도시설안전과장	김유진	간사
철도시설공단	신호처장	송광열	신호(지상)장치 구축
	전자통신처장	김학철	통신(지상)장치 구축
	시설개량처장	정형식	예산 지원
철도공사	신호제어처장	안태수	신호(지상)장치 유지보수
	통신처장	유서혁	통신장치 설치(차상) 및 유지보수
	일반차량처장	정영찬	신호장치 설치(차상) 및 유지보수
연구단	KRTCS_2 연구단장	공학선	R&D 총괄
	기술연구처장	성동일	1세부담당
	기술연구처장	박주홍	2세부담당
철도기술연구원	열차제어연구팀장	이재호	전문가
	책임연구원	신덕호	
리카도레일	대표	신석균	
에일알텍	대표	김유호	
경인기술	부사장	조완호	
현대로템	신호시스템팀장	박성호	제조사
포스코건설	팀장	박희준	
테크윌	연구소장	장인광	
대아티아이	연구실장	안 진	
서우건설산업	사업부 상무	한상수	
LS산전	철도신호연구팀장	조동기	

* 업무 담당자 교체 시 후임자로 대체 가능하고 제조사는 필요시 참석

1) 철도전용 무선통신망 시범노선 선정

가) 추진 경과

○ '12.10 : 지능형 철도시스템(IRIS) 구축계획 마련(국토부)

* 추진배경 : 우리나라가 세계 최고 수준의 기술력을 보유하고 있는 LTE-R 방식을 적용하여 지능형 철도시스템 구축, 국제표준화 추구

* 구축 기본계획(로드맵)

구 분	내 용
1단계 (2011~2014)	- 철도전용주파수 확보 및 통합무선망 개발 - 통신망 개발사양서 작성(도시철도용) - 통신망 설계, 제작, 구축(대불선)
2단계 (2015~2017)	- 일반철도 신호제어시스템·통신망개발 및 구축 - 소사~원시~대곡 및 서울~평창 우선 적용
3단계 (2018~2020)	- 고속철도 신호제어시스템·통신망개발 및 구축 - 통합망 성능평가

○ ‘14.12 : 일반·고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화 R&D 주관연구기관(철도공단) 선정

○ ‘15.07 : 공공기관 주파수 이용 효율화 계획 발표(미래부, ’15.7.24)

* 주파수 이용 효율화 및 LTE 기반 무선통신 기술 유도를 위하여 ‘18년부터 기존통신 주파수(TRS, VHF) 허가 불허입장 표명

○ ‘15.09 : 철도무선통신망(LTE-R) 도입(안) 보고(공단 → 국토부)

○ ‘15.11 : 원주~강릉 LTE-R 도입을 위한 협의체 운영방안 수립

○ ‘15.12 : TTA 총회에서 LTE-R 시스템 요구사항 표준 제정 완료

○ ‘16.01.31 : LTE-R 시험선구 구축완료

* 호남고속 익산~정읍간 34.6km 센터설비 1식 기지국(DU, RRU)

○ ‘16.02 : 원주~강릉 LTE-R 설계성과물 자문회의 시행(내·외부 자문위원)

○ ‘16.02.28 : LTE-R 시험선구간 23개 검증데이터 도출

* LTE-R 망구성의 적정성 제시, RRU 간격, 핸드오버 성공률 등 23개 항목 시험결과 도출

○ ‘16.02.29 : LTE-R 시험선구간 검증데이터 적정성 최종 자문회의

* 내·외부 자문위원을 통한 자문결과 도출된 검증데이터 및 표준제정은 원주~강릉 LTE-R 발주에 필요한 요건을 만족하며, 적정함

○ ‘16.03.15 : LTE-R 도입을 위한 검증데이타 추진결과 보고(공단 → 국토부)

* 내·외부 자문위원을 통한 자문결과 도출된 검증데이터 및 표준제정은 원주~강릉 LTE-R 발주에 필요한 요건을 만족하며, 적정함

○ ‘16.03.22 : 원주~강릉 LTE-R 도입방안 결정 통보 (국토부 철도건설과-767)

* **LTE-R 원주~강릉 추진, 세부일정 마련하여 보고**, 협의체 운영(공단,공사,연구원)
* **전파사용료는 사업추진과 병행하여 경감대책 마련 등 적극 추진**
* LTE-R 성공적 추진 및 기술관리를 위한 **전담조직 운영**

가) LTE-R 성능 및 신뢰성 확보를 위한 검증(원주-강릉선 최초 적용)

ㅇ ’15.10.26 LTE-R 지상인프라 구축 연구기관 ㈜KT로 선정

ㅇ ’15.11.18 원주~강릉 LTE-R 도입 협의체 구성(국토부,통신처,연구단)

* 기관별 역할정립 및 LTE-R 망구성의 적정성 제시, RRU 간격, 핸드오버 성공률 등 23

개 검증항목

및 표준화 1개 항목 총 24개 항목 선정

○ ’15.12.04 시험선구간 LTE-R 지상인프라 구축 현장조사(KT)

* LTE-R RRU설치 관련 전철주 구조검토 및 인프라 구축 설계

○ ‘15.12 : 1차 실무협의회 시행(공단, 공사, 연구기관)

○ ‘15.12 : 1차 기술자문 및 2차 실무협의회 시행(공단, 공사, 자문위원, 연구기관)

* 자문결과 시험선구 검증데이터 도출 관련 안테나 간격 및 터널구간 검증 강화보완

○ ‘16.01 : 원주~강릉 LTE-R 도입 및 전파사용료 개선관련 중간보고회(국토부, 공단, 연구기관, 자문위원)

* 2月末까지 검증데이터 도출 등 추진 완료하고, 내부 의사결정 후 국토부 보고

○ ‘16.01 : 3차 실무협의회 시행(공단, 공사, 연구기관)

* 차량무전기 설치주관(공사) 및 이중화방안 고려사항, 3GPP 표준 적용 등 검토

○ ’16.02.03 LTE-R 테스트베드 구축공사 완료

* 센터설비 1식, DU 4대, RRU 40대, 광케이블 포설 34km

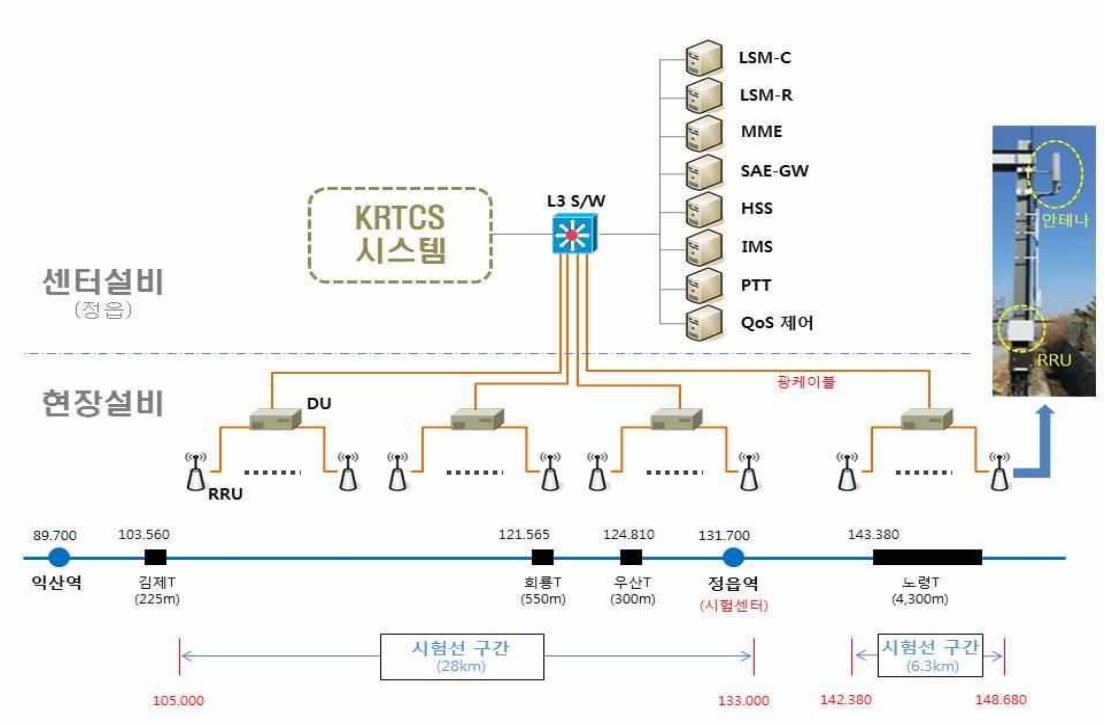
○ ’16.02.03~25 250km/h LTE-R 검증시험(연구단 주관)

○ ’16.02.28 250km/h LTE-R 23개 검증데이터 제공(연구단→통신처)

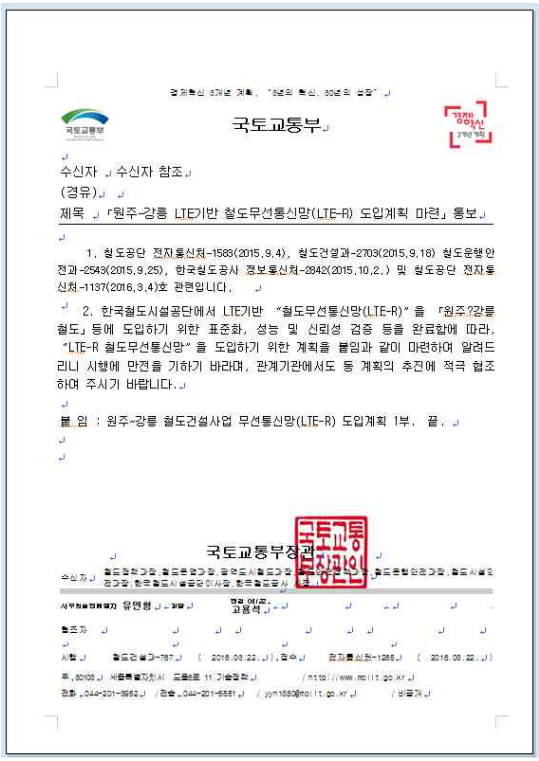
* 각 연구기관별(케이티, 회명정보통신, 에이엠텔레콤, 이루온, 한국전자통신연구원) 검증데이터 결과 및 표준화 등 검토(안) 제공

○ ‘16.02 : LTE-R 시험선구간 검증데이터 적정성 최종 자문회의

* 내·외부 자문위원(5명)을 통한 자문결과 표준제정 및 도출된 검증데이터는 원주~강릉 LTE-R 발주에 필요한 요건을 만족하며, 적정함



(1) 국토교통부 정책 수립 통보



국토교통부

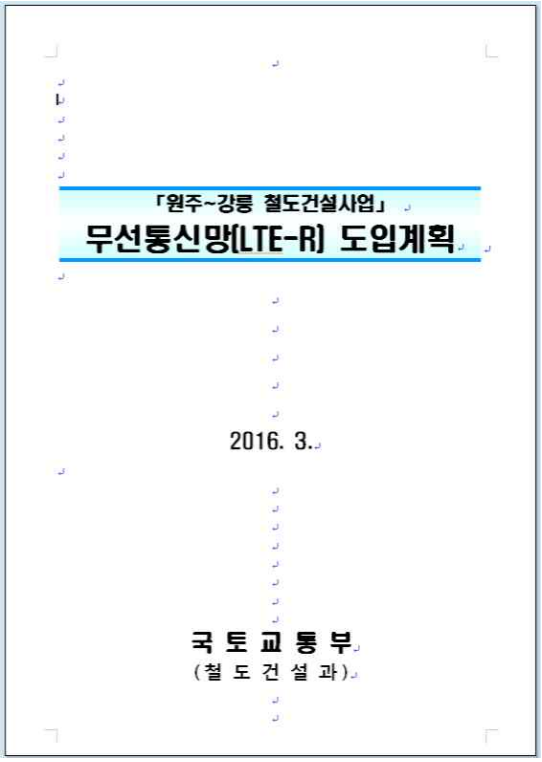
수신자 수신자 참조
(경유)
제목 「원주-강릉 LTE기반 철도무선통신망(LTE-R) 도입계획 마련」 통보

1. 철도공단 전자통신처-1583(2015.9.4), 철도건설과-2703(2015.9.18) 철도운행안전과-2543(2015.9.25), 한국철도공사 정보통신처-2842(2015.10.2.) 및 철도공단 전자통신처-1137(2016.3.4)호 관련입니다.

2. 한국철도시설공단에서 LTE기반 "철도무선통신망(LTE-R)"을 「원주?강릉 철도」등에 도입하기 위한 표준화, 성능 및 신뢰성 검증 등을 완료함에 따라, "LTE-R 철도무선통신망"을 도입하기 위한 계획을 붙임과 같이 마련하여 알려드리니 시행에 만전을 기하기 바라며, 관계기관에서도 동 계획의 추진에 적극 협조하여 주시기 바랍니다.

붙임 : 원주-강릉 철도건설사업 무선통신망(LTE-R) 도입계획 1부. 끝.

국토교통부장관

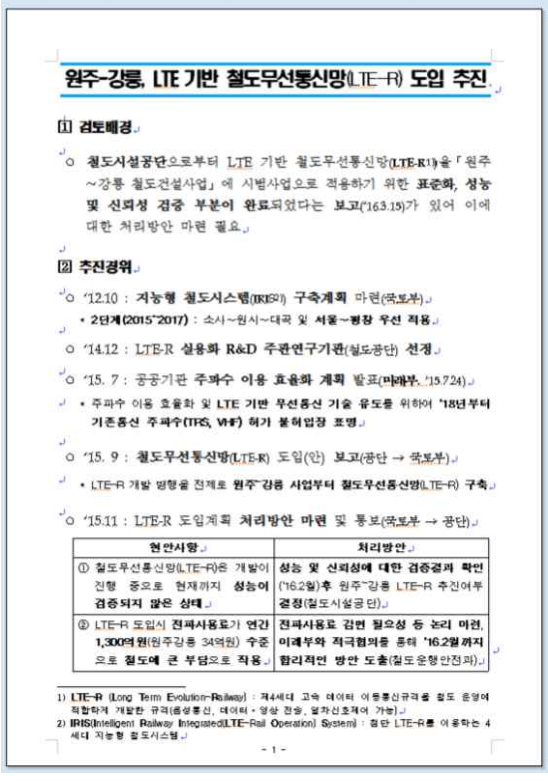


「원주~강릉 철도건설사업」

무선통신망(LTE-R) 도입계획

2016. 3.

국 토 교 통 부
(철 도 건 설 과)



원주-강릉, LTE 기반 철도무선통신망(LTE-R) 도입 추진

[1] 검토배경

○ **철도시설공단**으로부터 LTE 기반 철도무선통신망(**LTE-R1**)을 「원주~강릉 철도건설사업」에 시범사업으로 적용하기 위한 **표준화, 성능 및 신뢰성 검증 부분이 완료**되었다는 **보고**('16.3.15)가 있어 이에 대한 처리방안 마련 필요

[2] 추진경위

○ '12.10 : **지능형 철도시스템**(IRIS2)) **구축계획** 마련(국토부)
- **2단계(2015~2017)** : 소사~원시~대곡 및 **서울~평창 우선 적용**

○ '14.12 : LTE-R **실용화 R&D 주관연구기관**(철도공단) **선정**

○ '15. 7 : 공공기관 **주파수 이용 효율화 계획** 발표(**미래부**, '15.7.24)
- 주파수 이용 효율화 및 **LTE 기반 무선통신 기술 유도**를 위하여 **'18년부터 기존통신 주파수(TRS, VHF) 허가 불허방침 표명**

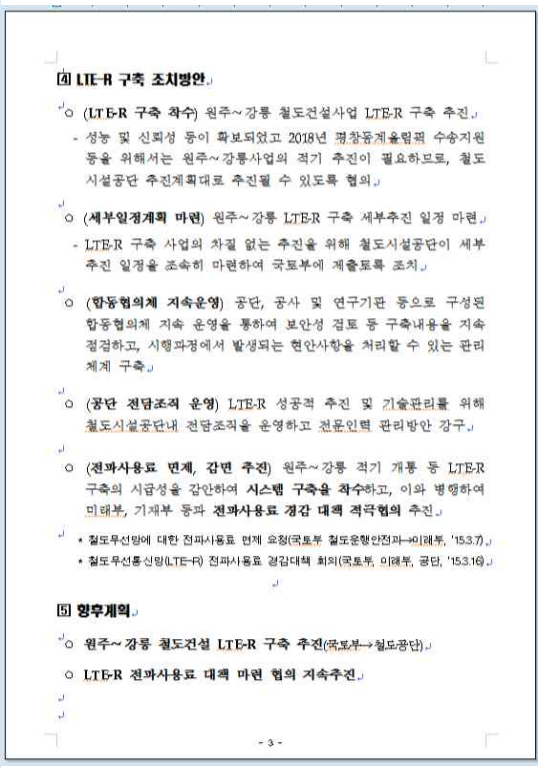
○ '15. 9 : **철도무선통신망**(LTE-R) 도입(안) **보고**(공단 → 국토부)
- LTE-R 개발 방향을 전제로 **원주~강릉 사업부터 철도무선통신망**(LTE-R) **구축**

○ '15.11 : LTE-R 도입계획 **처리방안 마련** 및 **통보**(국토부 → 공단)

현안사항	처리방안
① 철도무선통신망(LTE-R)은 개발이 진행 중으로 현재까지 **성능이 검증되지 않은 상태**	**성능 및 신뢰성에 대한 검증결과 확인**('16.2월)**후** 원주~강릉 LTE-R 추진여부 **결정**(철도시설공단)
② LTE-R 도입시 **전파사용료**가 **연간 1,300억원**(원주강릉 34억원) **수준으로 철도에 큰 부담으로 작용**	**전파사용료 감면 필요성 등 논리 마련, 미래부와 적극협의를 통해 '16.2월까지 합리적인 방안 도출**(철도운행안전과)

1) LTE-R (Long Term Evolution-Railway) : 제4세대 고속 데이터 이동통신규격을 철도 운영에 적합하게 개발한 규격(음성통신, 데이터 · 영상 전송, 열차신호제어 가능)
2) IRIS(Intelligent Railway Integrated(LTE-Rail Operation) System) : 철단 LTE-R를 이용하는 4세대 지능형 철도시스템

- 1 -



[4] LTE-R 구축 조치방안

○ **(LTE-R 구축 착수)** 원주~강릉 철도건설사업 LTE-R 구축 추진
- 성능 및 신뢰성 등이 확보되었고 2018년 평창동계올림픽 수송지원 등을 위해서는 원주~강릉사업의 적기 추진이 필요하므로, 철도시설공단 추진계획대로 추진될 수 있도록 협의

○ **(세부일정계획 마련)** 원주~강릉 LTE-R 구축 세부추진 일정 마련
- LTE-R 구축 사업의 차질 없는 추진을 위해 철도시설공단이 세부추진 일정을 조속히 마련하여 국토부에 제출토록 조치

○ **(합동협의체 지속운영)** 공단, 공사 및 연구기관 등으로 구성된 합동협의체 지속 운영을 통하여 보안성 검토 등 구축내용을 지속 점검하고, 시행과정에서 발생되는 현안사항을 처리할 수 있는 관리체계 구축

○ **(공단 전담조직 운영)** LTE-R 성공적 추진 및 기술관리를 위해 철도시설공단내 전담조직을 운영하고 전문인력 관리방안 강구

○ **(전파사용료 면제, 감면 추진)** 원주~강릉 적기 개통 등 LTE-R 구축의 시급성을 감안하여 **시스템 구축을 착수**하고, 이와 병행하여 미래부, 기재부 등과 **전파사용료 경감 대책 적극협의 추진**
* 철도무선망에 대한 전파사용료 면제 요청(국토부→미래부, '15.3.7)
* 철도무선통신망(LTE-R) 전파사용료 경감대책 회의(국토부, 미래부, 공단, '15.3.16)

[5] 향후계획

○ **원주~강릉 철도건설 LTE-R 구축 추진**(국토부→철도공단)

○ **LTE-R 전파사용료 대책 마련 협의 지속추진**

- 3 -

1) 경제적 타당성 분석

가) 연구개발에 따른 경제성 분석 결과

국가철도 통합무선제어시스템 연구개발 시 비용편익분석을 통한 경제성 분석 결과 각 시나리오 별로 다음과 같은 결과가 도출되었다. 비관적 시나리오 하에서 B/C는 5.39, NPV는 1,330.7억 원으로 도출되었으며, 중립적 시나리오 하에서 B/C는 7.04, NPV는 1,830.4억 원으로 도출되었다. 낙관적 시나리오 하에서는 B/C가 8.76, NPV가 2,351.4억 원으로 도출되었다. 분석 결과, 열차제어시스템 연구개발은 경제적으로 타당한 것으로 판단되었다.

[표 3-7] 국가철도 통합무선제어시스템 연구개발 시 경제성 분석 결과

구분	비관적 시나리오	중립적 시나리오	낙관적 시나리오
할인비용(억 원)	303.1	303.1	303.1
할인편익(억 원)	1,633.9	2,133.5	2,654.5
NPV(억 원)	1,330.7	1,830.4	2,351.4
B/C	5.39	7.04	8.76
IRR(%)	60.4	69.5	78.0

나) 국가철도 통합무선제어시스템 구축 시 경제성 분석 결과

국가철도 통합무선제어시스템 구축 시 비용편익분석을 통한 경제성 분석 결과, 각 시나리오 별로 다음과 같은 결과가 도출되었다. 비관적 시나리오 하에서 B/C는 1.08, NPV는 3,253.6억 원으로 도출되었으며, 중립적 시나리오 하에서 B/C는 1.57, NPV는 24,285.0억 원, 낙관적 시나리오 하에서는 B/C가 2.07, NPV가 45,214.3억 원이 도출되었다. 도출된 결과로 볼 때, 철도용량 증대를 통한 교통수단 전환율이 20% 이상일 경우, 국가철도 무선제어시스템 구축은 경제적으로 타당하다고 판단된다.

[표 3-8] 국가철도 통합무선제어시스템 구축 시 경제성 분석 결과

구분	비관적 시나리오	중립적 시나리오	낙관적 시나리오
할인비용(억 원)	42,309.0	42,309.0	42,309.0
할인편익(억 원)	45,562.6	66,594.0	87,523.3
NPV(억 원)	3,253.6	24,285.0	45,214.3
B/C	1.08	1.57	2.07
IRR(%)	13.9	45.0	71.6

현재까지 도출된 결과는 개략적인 사업비용을 토대로 시나리오를 구성하여 작성한 것으로, 향후 실질적인 계획과 구축내용이 수립될 경우 보다 상세한 분석이 가능할 것으로 사료됩니다.

1) 종합 결론

본 연구는 열차제어 및 신호부문의 국내 학계 및 산업분야의 철도신호분야 전문가를 대상으로 선별적이고 반복적인 델파이 방법을 통하여 전문가들의 의견을 중심으로 본 사업의 장래 여건에 따라 비관적인 경우, 중립적인 경우, 낙관적인 경우의 3가지 시나리오를 작성하였다. 이를 중심으로 국내외 시장성과 파급효과를 감안하여 대외경쟁력은 물론 국가경제에 미치는 영향을 기회가치성 차원에서 종합적인 경제성분석 틀을 정립하여 철도무선신호제어시스템 기

술의 실용화 사업의 사례를 통해 검증하였다.

국가 전체적인 관점에서 영향을 미치는 기회가치성을 고려한 경제성 분석에 대한 내용으로 기존에 단일 사업의 비용과 사업시행에 따른 편익을 제시하기보다는 국가적인 차원의 수입대체효과와 경제적 파급효과를 정량화하여 결과를 제시했다는 것이 기존 방법과의 차별성으로 제시되었다. 본 연구에서 경제성분석 접근의 주요 틀인 시나리오 작성은 귀납적으로 규모적 한계성향을 감안하여 누차에 걸쳐 전문가의 의견을 조회, 수렴성을 체크하여 한계값 중심으로 최우추정법의 수렴강도를 고려하여 3가지 시나리오를 작성하였다.

전문가를 대상으로 누차에 걸친 반복 의견조회 결과 수렴성 집적도의 오차범위는 ±3%로, 수렴성이 95% 이하인 경우는 제척하고 그 이상인 경우를 대상으로 95% 신뢰구간에서 규모적 한계성을 기준으로 손익분기점을 도출하여 시나리오를 작성한 후 이를 적용하여 기회가치성을 고려해 경제성 분석을 수행하였다. 각 시나리오별로 분석된 경제성 분석 결과에 따르면 본 사업의 실용화는 국가산업부문 및 국민경제의 총체적인 관점에서 경제적 타당성은 물론 기회가치성 측면에서도 기대 이상으로 상당한 긍정적인 효과가 있는 것으로 도출되었다.

수요 창출에 따른 효과만 약 1,200억 원을 상회하며, 기타 생산유발, 부가가치, 고용 등에서도 최악인 비관적 시나리오에서도 상당한 창출효과가 있는 것으로 분석되었다. 또한 실용화 시 비용-편익 측면에서도 최악의 상태인 비관적 시나리오인 경우 B/C는 1.08, NPV는 3,253.6억 원으로 분석되어 기타 중립적 시나리오, 낙관적 시나리오에서는 그 이상의 경제성이 확보되는 것으로 분석되었다.

자. 무선기반 열차제어시스템 상호운영성 연구

1) 상호운영성(Interoperability)의 개념

본 연구에서 상호운영성은 '인터페이스 정보를 표준화 하는 것'이라 정의하였다. IEC 62290-1:2006에 따르면 '상호운영성은 기능 혹은 성능상의 큰 변화 없이 서비스를 제공, 수용, 사용하고 교환 할 수 있도록 열차와 인프라를 운영할 수 있는 능력을 말한다.' 라고 정의되어 있다. ETCS Baseline 3에는 54개의 규격이 존재하고 있으며, 이 규격들을 정리해 보면 다음 그림과 같이 장치를 중심으로 사람, 성능, 관리와 인터페이스를 위한 규격들이 작성 및 관리되고 있음을 알 수 있다.



[그림 3-18] 열차제어시스템 상호운영성

2) 무선기반 열차제어시스템 상호운영성 연구

가) 기존 신호시스템 혼용운영 현황 조사 및 분석 [부록 1-9-1]

(1) 기존 신호시스템 상호(혼용)운영 현황 조사

고속철도, 일반철도, 도시철도로 분류하여 신호시스템에 대한 운영 및 기술현황에 대해 조사 및 정리하였다. 고속철도는 경부고속철도, 호남고속철도에 대해 조사하고, 일반철도는 ATP(Automatic Train Protection) 시스템을 중심으로 도입 및 운영현황을 조사하였으며, 도시철도는 우리나라 8개 운영기관에서 운영 중인 17개 노선에 대한 현황 조사를 진행함으로써 우리나라 철도 전반에 대한 신호시스템 현황을 정리하였다.

서울교통공사 2호선의 ATS(Automatic Train Stop)시스템과 ATO(Automatic Train Operation)시스템의 혼용운영, 공항철도의 ATC(Automatic Train Control)시스템과 ATS시스템의 혼용운영 등을 조사함으로써 이종(姨從)시스템 운영을 위한 인터페이스 현황을 확인하였다.

(2) 국외철도 상호(혼용)운영 현황 조사

국외사례의 경우 기술자료 및 현장답사를 통한 사례조사, 사례분석 그리고 열차제어시스템 상호운영 관련 국외 기술개발 현황을 확인하였다. 9개국 13개 열차제어시스템 대한 기본적인 운영현황을 조사하고 프랑스 동부고속선 현장, 중국 도시철도 운영기관 현장답사를 통해 사례조사를 시행하였다. 무선통신을 이용하는 열차제어시스템인 ETCS와 CBTC시스템을 중점적으로 비교하고자 하였다. 수행결과 국외 5개 노선에 적용 중인 ETCS 및 CBTC 시스템을 확인해 볼 수 있었으며 그 노선은 다음과 같다.

- 터키 이스탄불 Marmaray _ ETCS L1 + CBTC
- 영국 Thameslink, Crossrail _ ETCS, CBTC
- 마드리드 교외 철도
- 파리 RER E Line

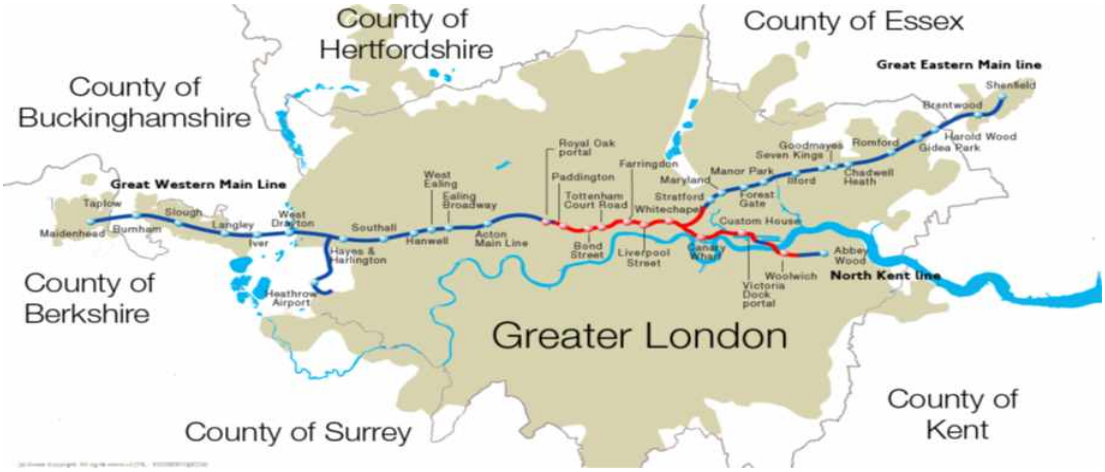
위의 노선들에 열차제어시스템을 선택 및 운영하기 위해 고려했던 사항들과 각각의 노선에 대한 열차제어시스템 전반에 대한 비교분석을 진행하였다. 또한, 위에서 언급한 ETCS 및 CBTC 시스템의 융합 및 기술개발 현황에 대한 조사를 통해 유럽의 Shift2Rail 프로젝트와 ERMTS Regional 프로젝트에 대해 정리하였다.

나) 열차제어시스템 상호(혼용)운영 현황조사 및 기술 분석 [부록 1-9-2]

(1) 국외 ETCS 및 CBTC 상호(혼용)운영 사례분석 [8,9,12,32,33,34,44,59,77]

(가) ETCS 레벨 2 ↔ CBTC

본 연구과제 목표달성을 위해 ETCS 레벨2시스템과 CBTC시스템이 혼용운영 또는 건설중인 노선을 조사하였다. 조사결과 1개 노선이 건설 중인 것으로 확인되었으며 이 노선은 영국에서 건설 중인 Crossrail의 사례이다. Crossrail의 전체 노선을 보면 다음 그림과 같으며 영국 런던의 도시중심지를 연결하는 프로젝트라고 할 수 있다.



[그림 3-19] 영국 런던 CrossRail 노선도(1)



[그림 3-20] 영국 런던 CrossRail 노선도(2)

1.1.1.1. 열차제어시스템 레벨전환 절차 연구

(1) 국외 레벨전환 사례 분석

유럽에서 국경 간 열차제어시스 템 레벨전환 시 자동철체. 즉, 상호운영을 위한 절차서를 확보하고 이에 대한 분석을 시행하였다. 네덜란드와 독일 국경 간에 ERTMS/ETCS 시스템을 도입하면서 그 목적을 상호운영성에 두고 ERTMS/ETCS 규격에서 정의하지 않은 부분에 대한 정의를 한 레벨전환 절차서라 할 수 있다. 우리나라 또한 ERTMS/ETCS에서 정의하고 있는 규격 외 우리나라에서 개발 중이 시스템에 대한 완전한 호환을 위한 규격에 대한 개발이 필요하며 실용화를 위해 정의해야할 부분 중 하나라 할 수 있을 것이다. 국외의 이와 같은 사례를 참고하여 우리나라 표준사양 개발에 참고 할 수 있는 자료가 될 수 있을 것이라 판단된다.

(가) ETCS 레벨전환 절차

ETCS에는 ETCS 레벨 1, ETCS 레벨 2, ETCS 레벨 3가 존재한다. 이로 인해 ETCS 시스템 간 레벨전환이 이루어진다. 본 연구에서는 레벨이 상이한 구간을 전환할 경우 그 절차에 대해 확인해보고 Baseline 3에서 이 레벨전환 절차의 변경사항에 대해서도 확인 하였다. 다음 표는 ETCS 레벨 간 전환이 가능한 부분을 회색음영으로 표기하였으며, 추가로 ETCS 레벨 1에서 ETCS 레벨 2로 레벨전환 방안과 반대의 경우에 대한 레벨전환 방안을 서술하고자 한다.

[표 3-9] ETCS 레벨 간 전환

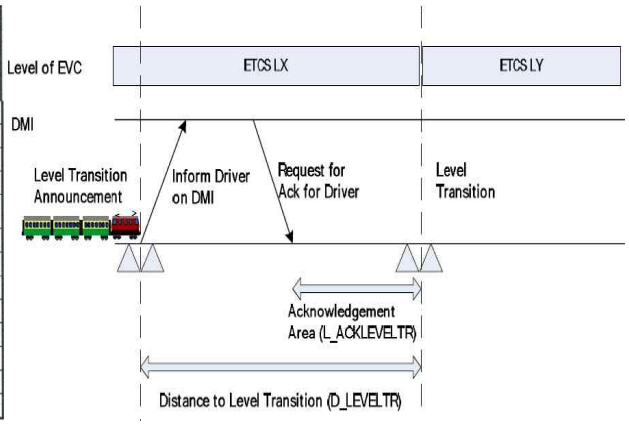
from \ to	0	NTC	1	2	3
0	X	○	○	○	○
NTC	○	○	○	○	○
1	○	○	X	●	○
2	○	○	●	X	○
3	○	○	○	○	X

① 레벨전환 명령

ETCS SRS Subset Packet 41(Level Transition Order)는 지상에서 차상으로 전송되는 명령이다. 열차는 패킷을 전송 받은 시점의 열차 전두부 위치로부터 D_LEVELTR 거리 지점에서 차상이 M_LEVELTR의 값에 해당하는 레벨전환을 한다. L_ACKLEVELTR의 구간에서 기관사가 DMI를 통해 명령 인지 Ack를 진행한다.

Description	Packet to identify where a level transition shall take place. In case of mixed levels, the successive M_LEVELTR's go from the highest priority level to the lowest one.	
Transmission media	Any	
Content	**Variable**	**Comment**
	NID_PACKET	
	Q_DIR	
	L_PACKET	
	Q_SCALE	
	D_LEVELTR	
	M_LEVELTR	
	NID_STM	If M_LEVELTR = 1 (STM)
	L_ACKLEVELTR	
	N_ITER	
	M_LEVELTR(k)	
	NID_STM(k)	If M_LEVELTR = 1 (STM)
	L_ACKLEVELTR(k)	

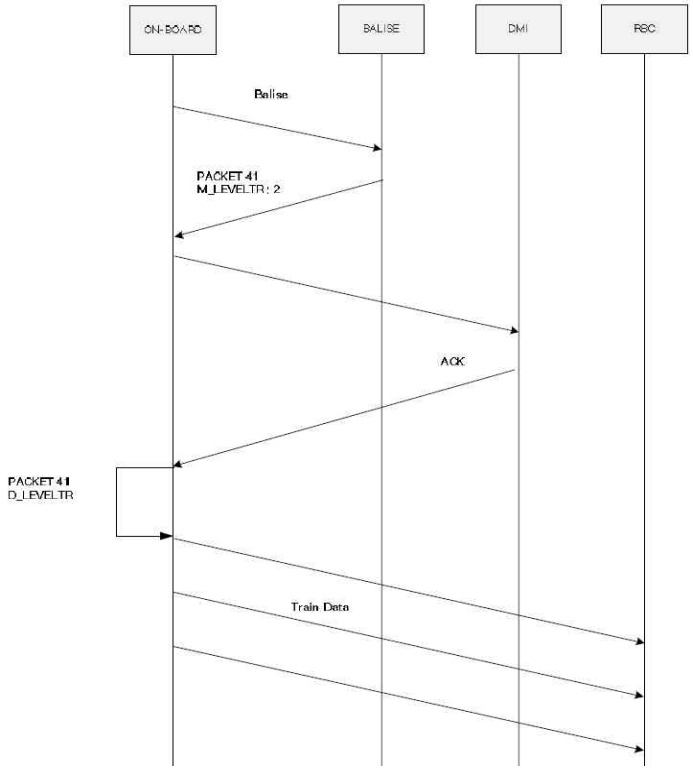
[그림 3-21] Packet 41



[그림 3-22] Level X에서 Y로 전환 도식도

② ETCS Level 1 → Level 2 전환 절차

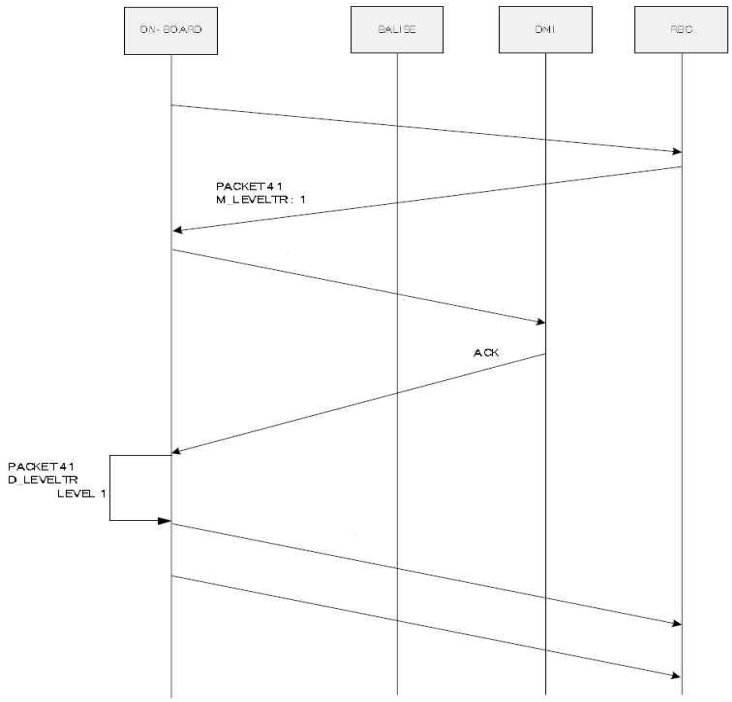
Level 1 에서는 발리스로부터 레벨전환 Packet 41 명령을 수신하게 되며, Packet 41의 변수에 따라 D_LEVELTR 지점에서 Level 2로 전환된다. 기관사가 레벨전환명령에 대해 DMI로 Acknowledgement를 전송하게 된다. 만약 L_ACKLEVELTR 지점을 지난 후 5초 이상이 경과하면 Service Brake(상용제동)가 체결된다. 레벨 전환 후 차상은 RBC와 통신연결을 하고 열차데이터를 전송하게 된다. Level 1에서 Level 2로 전환되는 절차에 대한 도식도는 다음 그림과 같다.



[그림 3-23] Level 1 → Level 2 전환 도식도

③ ETCS Level 2 → Level 1 전환 절차

Level 2에서는 RBC로부터 레벨전환 Packet41 명령을 수신하게 되며 Packet 41의 변수에 따라 D_LEVELTR 지점에서 Level 1으로 레벨전환 된다. 기관사가 레벨전환 명령에 대해 DMI로 Acknowledgement를 전송하게 되며 만약 L_ACKLEVELTR 지점을 지난 후 5초 이상이 경과하면 Service Brake가 체결된다. 레벨 전환 된 후 차상은 전환된 Level 정보가 포함된 열차 위치정보를 전송하고 RBC와 통신연결을 끊게 된다. 이에 대한 도식도는 다음 그림과 같다.



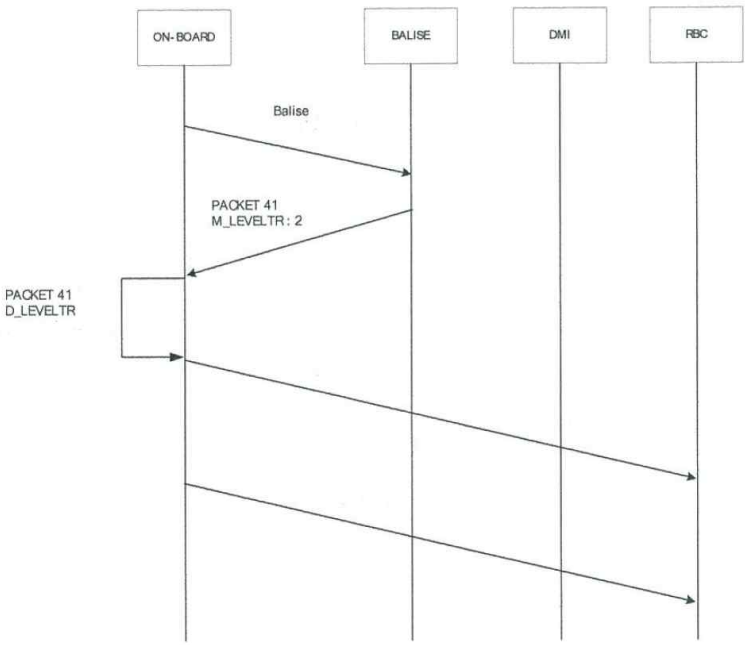
[그림 3-24] Level 2 → Level 1 전환 도식도

④ Baseline 3에서 레벨전환 변경사항

Baseline 3에서 레벨전환 절차와 관련하여 변경된 사항은 다음과 같다.

① RV(Reverse) 모드에서는 레벨전환 명령을 무시한다.

② NL 모드(Non Leading Mode)에서는 열차정보를 RBC로 전송하지 않으며, 레벨전환 명령시 기관사에게 승인을 요청하지 않는다. NL모드에서 Level 1에서 Level 2로의 레벨전환 도식도는 다음 그림과 같다.



[그림 3-25] NL모드에서 Level 1 → Level 2 전환 도식도

(나) 열차제어시스템 레벨전환 사례

열차제어시스템 혼용운영사례는 국내 사례로는 신분당선-분당선(CBTC+ATC) 연결구간, 공항철도에서의 일반열차와 고속열차 혼용운영(ATC+ATS)사례를 소개하였고, 국외사례로는 파리동부고속선 사례(TVM430+ETCS L2), 영국 Thameslink 및 Crossrail 사례, 터키 이스탄불 마마레이(Marmaray) 사례) 등을 조사하여 기술하였다.



[표 3-10] 국가별, 노선별 혼용운영 현황

프로젝트 설명	London Thameslink	London Crossrail	Madrid Suburban	Istanbul Marmaray	Paris RER Line E3
자동화 레벨	ATO	ATO+PSD	수동운전	CBTC ATO, ETCS L1, 수동운전	ATO
도심지 주 신호시스템	ETCS 레벨 2	CBTC	ETCS 레벨 2	CBTC	CBTC
선로용량	27 trains/h	30 trains/h	24 trains/h	28 trains/h	30 trains/h
도심지대체 신호시스템	선로변신호기 TPWS/AWS	없음	선로변 신호기 ETCS L1, ASFA	선로변 신호기 ETCS L1(여객/화물)	선로변 신호기 KVB
전용철도 신호시스템	ETCS TPWS/AWS	CBTC, ETCS TPWS/AWS	ETCS ASFA	CBTC	CBTC ETCS, KVB

① 네덜란드와 독일 간 열차제어시스템 레벨전환 사례

네덜란드와 독일 간 열차제어시스템 레벨전환 사례를 확인 할 수 있었으며, 이에 대한 Reference를 확보하여 세부 분석을 시행하였다.

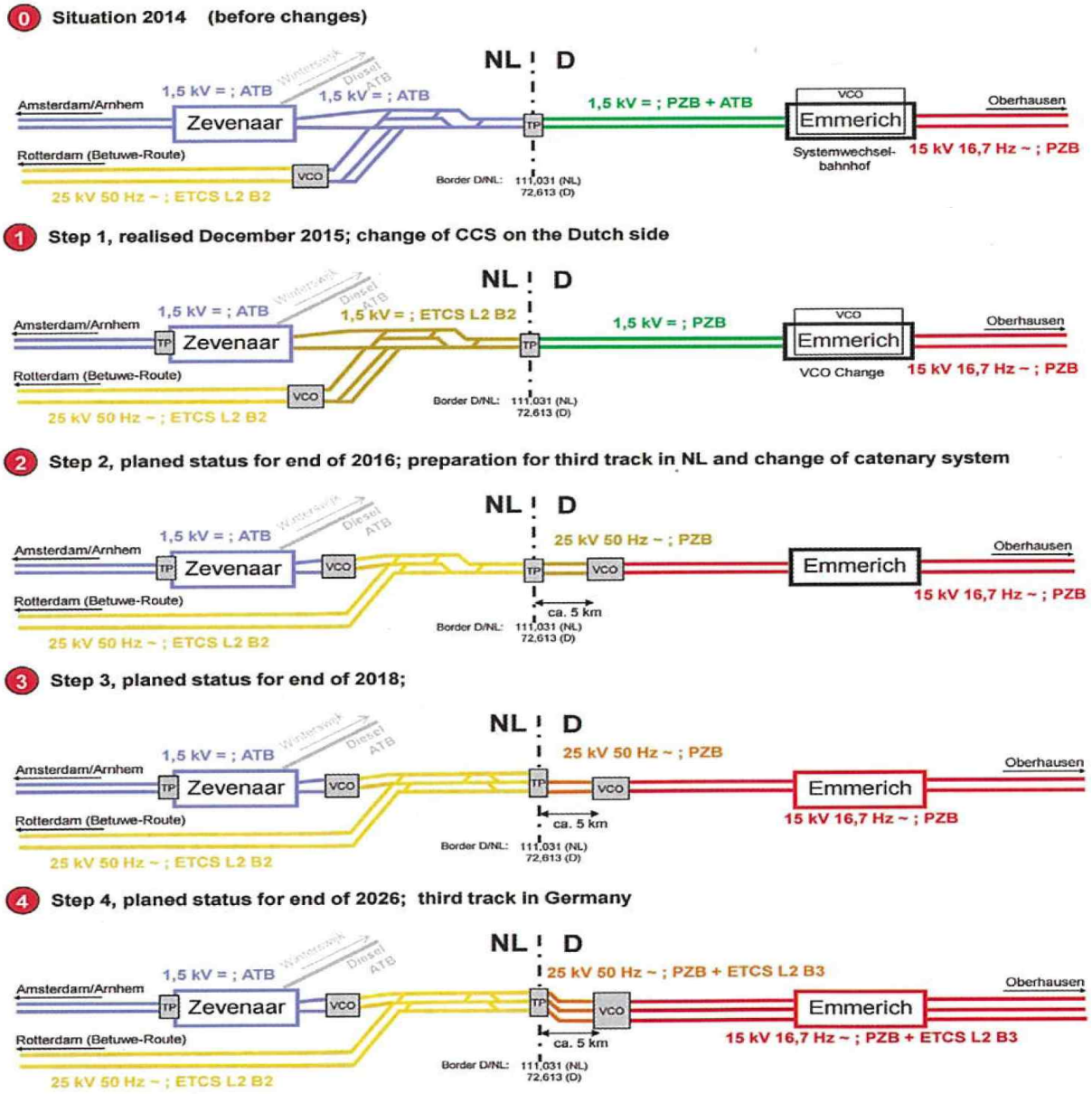
○ 구　　간 : 네덜란드 Zevenaar - 독일 Emmerich

○ 레벨전환 : ETCS Level 2 ↔ ATB ↔ PZB

○ 인프라 관리자 : 네덜란드 Prorail, 독일 DB Networks

2007년 159km의 독일과 네덜란드를 연결하는 국제 화물전용철도인 Betuweroute가 개통함으로 인해 국경 통과를 위한 열차제어시스템 레벨전환이 발생하게 되었다. 네덜란드 Rotterdam(로테르담)에서 출발한 열차는 Zevenaar에서 ETCS Level 2에서 ATB로 레벨전환하게 되고, 국경에서 독일 PZB시스템으로 변경되어 운행하게 된다.

Betuweroute에서는 6가지 다른 버전의 ERTMS 소프트웨어(대부분 SRS 2.3.0d)를 장착한 8가지 유형의 기관차가 운행되고 있으며, 이러한 다양한 유형의 차상신호장치가 선로변 설비와 호환되어 운행된다. 네덜란드와 독일은 이 구간을 모두 ETCS Level 2시스템으로 개량하는 계획을 가지고 있으며, 이 프로젝트는 유럽 내에서 도전적인 과제로 주목을 받고 있다고 한다. 열차제어시스템 뿐만 아니라 전철·전력시스템의 변환도 필요하다는 점이 어려운 점이 될 수 있을 것이다. 2026년까지 계획하고 있는 개량 방안은 다음 그림과 같다.



프로젝트 1단계는 2014년 12월에 완료 되었다. 이때 Zevenaar 동부와 독일 국경에서 VOC 구간(25kVac/1.5kVdc)이 ATB에서 ETCS 레벨 2 (Baseline 2.3.0d)로 바뀌었다. 이로써 네덜란드는 Rotterdam/Zeebrugge-Mannheim-Basel-Genoa까지 ERTMS/ETCS를 모두 적용하게 되었으며, 하나의 국가에 전 노선에 ETCS를 적용 및 운영하는 최초의 사례가 되었다. (이 작업은 Alstom ERTMS 장비를 사용하여 네덜란드 건설회사인 Stukton에 의해 수행 되었다.) 프로젝트 2단계는 2015년 말 완료하는 것을 목표로 하였으며, Zevenaar 동부에서 국경을 지나 5km 지점까지 노선을 25kV ac로 전환하는 작업을 포함한다.

프로젝트 3단계는 2018년 말까지 완료될 예정이며, 1개 선로를 추가로 건설하게 된다. 네덜란드 쪽에서 먼저 공사가 시작되어 2026년 말까지 Emmerich 및 Oberhausen(독일)까지 연장될 예정이며 이 노선은 ETCS 레벨2가 장착되어 PZB시스템과 혼용운영 될 예정이다. 이 노선은 화물열차 이외에도 국제여객 수송 서비스에도 사용되며 ETCS 레벨2, PZB, ATB가 모두 장착된 EMU열차가 발주 된 상태 이다.

전체적인 관점에서 볼 때 열차제어시스템을 ETCS 레벨 2 시스템으로 모두 통일 하고자 하는 프로젝트로 볼 수 있으며, 그 과정을 나타내 주는 대표적인 사례라고 볼 수 있을 것이다.

우리나라의 관점에서 볼 때 ATS, ATC시스템을 ETCS 레벨 2로 개량할 때 발생 할 수 있는 문제점들을 이번 사례를 통해 예상 할 수 있는 자료가 될 것으로 판단된다.

② 스위스-이탈리아 간 열차제어시스템 레벨전환 사례

라인강-알프스 경로의 남부를 지나 스위스-이탈리아 국경에서도 ETCS가 도입되고 있는 중이며, 이 경우에는 Gotthard 노선의 남단 부분에 위치한 세 지점에서 마이그레이션(migration)이 이루어지고 있다. 스위스의 Bellinzona에서 이탈리아 Luino까지의 노선에서 스위스의 Signum(스위스 열차자동방호시스템)시스템은 이탈리아 영토 내 10km 정도에 있는 Luino의 조차장까지 열차제어를 하며, 여기에서 이탈리아 SCMT 자동 열차 보호 시스템이 사용된다. Zevenaar - Emmerich 국경에 영향을 주는 동일한 국경 위치 문제는 여기에서도 분명하게 나타났으며, 관할 기관 및 열차제어 경계가 다른 위치에 있는 상태였다.

스위스의 연방교통국(BAV)은 국경까지만 NSA이며, 여기에서 노선은 이탈리아 국립철도안전국(ANSF)의 관할 하에 놓이게 된다. 마찬가지로, 스위스연방철도(SBB)는 스위스 영토에서는 노선에 대한 인프라 관리자이지만 Luino에서 노선의 나머지 부분은 이탈리아 철도망(RFI)이 관리하고 있다. 이러한 상황의 복잡성은 두 국경의 이해관계자들이 밀접하게 협력하는 것이 필수적이라는 사실을 의미한다.

2015년 말, 국경의 스위스 쪽에서 Ranzo부터 Luino까지의 노선은 Euroloop 데이터 전송과 Euro-Signum 및 Euro-ZUB 자동 열차 제어가 갖추어진 ETCS 레벨 1 Limited Supervision(LS)로 마이그레이션 될 예정이였으며, 완료여부는 확인되지 않았다.

SCMT에서 ETCS 레벨 1 Full Supervision(FS)의 오버레이는, 2020년 이후 Luino를 지나 Milan까지의 노선에서 개량 될 것이다.

스위스 쪽에는 이미 ETCS L1 LS + Euroloop/Euro-Signum/ EuroZUB가 장착되어 있다. Chiasso는 ETCS L1 LS/SCMT으로 전환될 것이며, 이탈리아 쪽에서 Milan까지의 노선은 2018년까지 ETCS Level 2/SCMT로 개량 될 예정이다.

SBB에 의하면 이 국경에서 ETCS를 수행하는 것은 스위스 연동 장치에서 SCMT의 구현, 이탈리아 신호에서 ETCS 레벨 1의 구현, 그리고 Chiasso 정거장과 RFI의 Chiasso의 연결 - Milan ETCS 레벨 2 롤아웃 등 여러가지 이유로 도전적인 과제였다고 설명하고 있다.

ETCS L1 LS에 대한 스위스의 기술 규칙은 스위스 신호 시스템과 함께 사용하기 위해 개발된 것이고 이탈리아에는 이 기술의 사용에 적용되는 규칙이 없기 때문에 Chiasso 정거장에서 이탈리아 신호를 위한 특수한 솔루션이 필요한 상태였다.

SBB는 2018년에 Chiasso에서 연동장치를 대체할 예정이며 이것은 ETCS 레벨 2 RBC에 연결된다. Chiasso에서 출발하여 Milan으로 향하는 열차는 RBC에 제어(감시)되며, 그 후 ETCS 레벨 2가 장착된 노선에서 열차가 운행될 수 있도록 연동 허가가 제공된다.

SBB 및 RFI는 2012년 중반에 양해각서(MOU)에 서명하였으며, 이것은 국경간 ETCS 프로젝트의 공동 작업을 위한 근거를 마련하였고, 이를 통해 쌍방에 책임을 부여하는 협력 계약이 작성되었으며, 이 계약은 2015년에 체결되었다. 2012년부터, RFI와 SBB ETCS 전문가는 공동 운영위원회와 이사회의 도움으로 회의가 개최되었다.

2012년~ 2013년에 초안이 작성되었고, ETCS 레벨 1 LS 요구사항을 포함한 이행 개념 문서가 작성되었으며, 쌍방에 의해 지난해에 완료되었다.

이탈리아에서 사용하기 위해 ETCS 레벨 1 LS 요구사항을 개발하는 것은 순조롭지 않았다고 한다. 표준 스위스 ETCS 레벨 1 LS 공학 기술은 ANSF 표준을 준수하지 않았던 것이었다.

연구 단계 동안 두 NSA는 기준 시스템으로 안전 통합 레벨 4(SIL 4)에서 SCMT를 사용하여 이탈리아에서 적용하기 위해 스위스 공학 기술 표준을 채택하기로 결정하였다. 그러나 이 노선에 대한 스위스 운전자의 운영 규칙을 변경하지 않고 실시되어야 했다. 이러한 요청을 모두 해결하기 위해서는 표준 요구사항을 다시 작성해야 했다.

ETCS 레벨 1 LS에 대한 SBB와 RFI의 공학 기술 규칙은 안전 요구사항, 해제 속도(release speed), 속도 제한(SR) 모드에서 운행 속도, 속도 감시 등 여러 영역에 대한 다양한 파라미터를 기반으로 하였다. 스위스-이탈리아 프로젝트에서 현장 설치작업은 2015년 6월까지 완료하고, 시험은 한 달 간 이루어진다. ETCS는 Ranzo – Luino 노선에서 먼저 상용화되고 Brig – Domodossola 노선까지 2015년 상용화할 것을 목표로 하였다.

SBB ERTMS 프로젝트 관리자인 Mr Urs Mosele는 "시스템 국경과 같은 역사적 요인은 ETCS의 솔루션 공간을 감소시켰으며 국경 간 ETCS 프로젝트를 복잡하게 만들었습니다. 안전과 운영에 관련된 각 국가의 다양한 법규와 규칙 때문에 국경에서 ETCS를 구현하는 것이 지연되었으며, 방해를 받지 않는 네트워크 액세스를 보장하는 능력 또한 감소되었습니다. 모든 이해관계자, 특히 교통부와 NSA의 협력 없이는 국경 간 프로젝트가 성공하지 못할 수 있습니다."라고 하였다.

Mosele는 국제노선에 선로변 장비를 사용하기 위한 공통 절차와 안전 표준에 대한 공통 요구사항을 요청하였다. 또한 동적전이(dynamic transition)을 허용하는 선로변 시스템을 사용하지 않으면 ETCS 열차 데이터를 변환하기 위해 열차가 국경에 정차해야 해야만 한다고 경고하였다. 이 외에도 국경 간 프로젝트의 복잡성을 줄이기 위해 안전 표준에 대한 공통된 요구사항의 필요성을 강조하였다.

이러한 프로젝트에서 입증되었듯이 국제 국경 지역에서 ERTMS를 배치하는데 있어서 협력적 접근법을 사용하면 장벽을 성공적으로 허물 수 있다는 것을 알 수 있었다. 그러나 상호운용성에 대한 유럽의 궁극적 목표에 방해가 되는 엄청난 복잡성도 함께 보여주었다. NSA에서 ERA로 특정 책임이 양도됨으로써 작업은 더 단순해졌지만, 국가 규정과 지방 운영 조건들 때문에 모든 국경 횡단은 그들만의 도전과제와 함께 고유한 문제가 되고 있다. 이러한 점에서 오늘날까지 쌓은 경험들이 많은 도움이 될 것이다.

앞선 사례를 통해 알 수 있는 것 중 하는 서로 다른 열차제어시스템간 레벨전환에 있어 기본은 '레벨전환 구역에서 열차가 정차하지 않고 자동절체되어 통과하는 것'이라 할 수 있을 것이며, 유럽의 경우 그 레벨전환은 서로 다른 국가 간 이루어지기 때문에 제도적 문제를 풀어내기가 쉽지 않았을 것으로 생각된다. 하지만 우리나라의 경우 같은 이미 레벨전환에 대한 기술을 확보하고 있어 어렵지 않을 것으로 생각되며, 향후 현재 개발 중인 KRTCS 레벨 2 시스템이 해외 철도시장에 진출하게 된다면, 이에 대한 문제도 고려해봐야 할 것으로 판단된다.

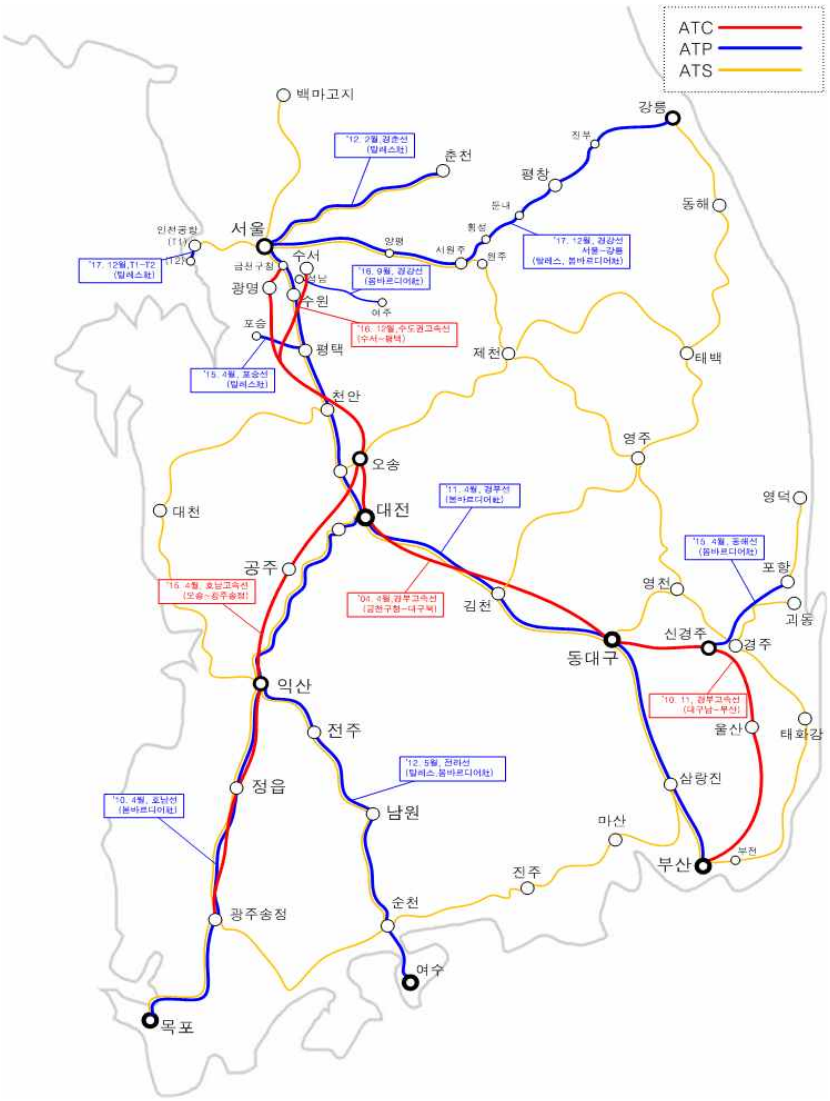
[2세부]

1. 열차제어시스템 요구사항 분석

가. 국내·외 적용 사례 조사

2003년, 경부선 및 호남선 일반철도 지상구간과 KTX 포함 4차종 413대의 차상장치를 기존 자동열차정지(Automatic Train Stop)에서 자동열차방호장치(Automatic Train Protection)으로 개량을 시작하여 현재 신규 차량 및 노선에 ATP 시스템 탑재를 기본으로 하고 있다. 그러나 국내 간선철도노선에 설치·운영중인 열차제어시스템인 자동열차정지장치(ATS), 자동열차제어장치(D-ATC), 자동열차방호장치(ATP)에서 ATS를 제외하고 해외기술에 의존하고 있어 국산화 요구가 절실 했다.

[그림 3-1] 국내 주요노선 열차제어시스템 현황으로 ATP 운행 구간은 1,404 ㎞로 영업거리 대비 34.4%의 설치율이며 차상장치는 778대 탑재되어 약 80%의 설치율이다.



[그림 3-26] 국내 주요노선 열차제어시스템 건설현황

국외 철도 신호시스템은 노선간 연계운행, 유지보수 비용 절감, 수송용량 증대 등을 위해 표준화 및 무선신호시스템으로 전환하는 추세이다. 유럽의 경우 국가 간 열차운행 시 신호시스템이 서로 달라 기관차에 여러개의 신호장치를 설치하는 문제를 해결하기 위해 유럽표준열차제어시스템(European Train Control System)으로 표준화하고 무선시스템을 적용하였으며, 현재 유럽뿐만 아니라 전 세계 35개국에서 운용 중에 있다.

다음은 해외 기술조사를 통해 확인한 유럽의 ETCS에 대한 운영 자료이다.

1) 스웨덴

가) 봄바디아社

- 봄바디아社는 한국철도공사에 최초 ETCS 시스템을 공급한 제작사로 연구 인력은 스웨덴 본사 600명, 스웨덴 그 외 지역에 약 200명 근무하고 있다.
- 열차제어시스템은 독자적인 플랫폼을 개발하여 안전성, 효율성, 유지보수성에 대해 자부하며, 전자연동장치 또한 글로벌 회사답게 어느 국가에 납품하여도 적용 가능하도록 확장성 있게 제작되었다.
- 봄바디아社에서 설치한 ETCS Regional 은 단선노선으로 화물열차만 운행하여 운행량 또한 많지 않고, 건널목보안장치는 안전을 위해 궤도회로를 사용하고 있었으며, 카자흐스탄에 설치된 ETCS Level 3 또한 역구내는 ETCS Level 1 또는 Level 2를 적용하고 역간에 한하여 ETCS Level 3를 적용하며 건널목보안장치는 궤도회로를 사용하고 있다.
- 완전한 ETCS Level 3는 UIC에서도 공식적인 규격을 제시하지 않은 상황에서 국내 적용은 어려울 것으로 판단된다.

나) CTC사령실

- 스웨덴 교통공단(Trafikverket)의 Ange 사령실은 ETCS Level 2를 운영하고 있는 곳으로 전자연동장치와 CTC장치는 2중계로 구성하고 무선폐색센터(RBC)는 1대를 설치하여 운영하고 있었으며, 예비 RBC 한 대는 다른 지역에 설치하여 화재 및 비상사태에 대비하도록 설계되어 있었다.
- RBC 한 대의 가격을 고려할 경우 상당한 건설비가 필요하고 국내의 경우 운행률이 높아 모든 RBC에 대한 2중계 설치는 어려울 것으로 판단된다.
- RBC의 성능 향상(최대 수용열차 수 증대) 및 한 대의 예비 RBC를 확보하여 RBC 고장 시 전환하는 등의 기술 및 운용적인 측면의 실용화 검토가 필요하다.
- 사령실의 건설비, 유지보수 비용을 절감하기 위해 대형표시판넬(DLP)을 설치하지 않았으며, 관제사 모니터의 색깔 및 아이콘은 색상 전문가의 자문을 통해 눈의 피로가 적은 색상을 선택하였다.

다) 차량기지 방문 결과

- 스웨덴 차량기지는 4개 유지보수회사가 차종별로 계약하여 유지보수를 시행하고 있었으며 ETCS Level 2 차량은 봄바디아社에서 제작한 차량이다.
- 차량은 설비의 간소화를 위해 차상컴퓨터는 1편성에 1대(중간 객차) 설치하였으며, 기관사의 운전취급 및 지상신호 수신을 위해 MMI 및 BTM(안테나 포함)은 PC1, PC2 기관실에 각각 설치되어 있었다.
- 하부 설비중 도플러 센서는 분산제어로 인한 공전 등의 영향이 적을 것으로 판단하여 설치하지 않는 등 고가의 ETCS 차상장치의 가격을 낮추려는 활동들이 진행되고 있다.

2) 스페인

가) 탈레스社

- 탈레스社 고속철도, 일반철도, 도시철도, 트램 및 경전철, 관제센터, 연동장치, 현장 제어기, ERTMS 솔루션(LEU, RBC, EVC), 유지보수 지원 시스템 등을 제작하는 기업이다.
- 국내에는 경춘선 및 전라선에 ETCS Level 1 지상장치를 컨소시엄 형태로 참여하여 공급하였으며, 무선을 통해 원격으로 선로변제어유니트(LEU)의 텔레그램을 변경하고 임시제한속도를 지정하는 장치를 개발하여 고속철도에 적용하고 있다.

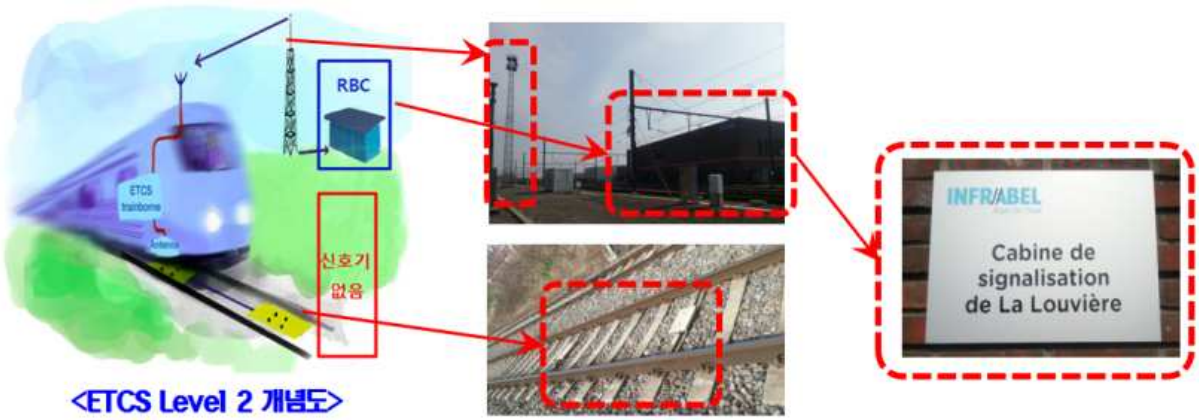
나) adif 유지보수센터 방문 결과

- 신호 유지보수센터는 최소의 인력으로 유지보수를 위해 신호설비 2중계 및 다양한 감시설비를 구축하였으며, 원격으로 발리스의 임시제한속도를 설정하는 시스템을 갖추고 있어 작업자 보호 등 안전운행에 최선을 다하고 있었다.
- 유지보수센터 방문 시 renfe 기관차 탑승을 하였으며 GSM-R 취급 절차를 확인하였고, ETCS Level 1 차량은 신호현시와 무관하므로 신호등에 정지신호 점등 및 녹색신호 점멸하도록 현시하여 기관사가 신호등을 무시하도록 현시함을 확인 하였다.

3) 벨기에

가) 멀티텔社

- 벨기에 몽스 지역에 거점을 두고 있는 멀티텔社는 유럽의 철도시스템검증연구실 최초로 ISO 17025를 받았으며, 유럽의 규정 765.2008을 시험할 수 있는 최초의 연구실이다. 2015년 3월 현재 68명의 연구원이 상주하고 있고 총 4개의 Full EVC laboratory를 보유하고 있으며, Balise air gap communication을 분석 및 검증할 수 있는 연구실을 보유하고 있다.
- RBC 인터페이스 기술조사를 위해 현장조사 장소는 ETCS Level 2 기반 노선인 벨기에 라루비에르↔몽스 간 노선에 위치한 인프라벨(Infrabel)社의 로컬 CTC (Centralized Traffic Control) 및 RBC용 신호사업소(Signal Station)로 결정하였다.
- 현재 벨기에는 총 20곳의 로컬 CTC를 보유하고 있으며 향 후 수년 안에 10개소 이하의 로컬 CTC를 구축하여 벨기에 전역의 열차를 집중 관리하는 것을 최종 목표로 한다.
- 철도의 지능화 및 통신 기술의 발전으로 20개소로 집중화 구축 하였다.



[그림 3-27] ETCS Level 2 시스템이 라루비에르↔몽스 간 노선



[그림 3-28] ETCS Level 2 구간 현장조사

- 라루비에르(La Louvière) signal station은 기존선인 Level 0에서부터 Level 1 및 GSM-R을 사용하는 Level 2까지 운행하는 역이다.
- 현장에는 기존선을 위해 크로커다일이라는 ATS장치가 Eurobalise와 혼용되고 있었다.
- 라루비에르 signal station의 무선폐색센터는 19개소 크고 작은 역을 관할하고 있으며 약 20Km정도 이격된 Signal Station과 상호간 통신을 수행하여 운용하고 있다.

나. 산·학·운영기관 요구사항 분석

1) ATP(ETCS-L1) 개선사항 논의

- ETCS Level 2 SUBSET 규격을 적용하여 국내 운용환경 반영, 기 운용중인 시스템(ETCS Level 1)과의 호환성 확보, 정확한 표준규격 및 기술공유가 필요하다.

2) 차상장치 운영부서(수도권철도차량정비단)

- ETCS Level 2 핵심장치 개발과 더불어 유지보수를 위한 시험장비 개발이 필요하다.
- 차상장치 전체 모듈 성능시험을 위한 종합시험장비 개발이 요구된다.

3) 사령설비 운영부서(철도교통관제센터)

- 열차정시운행 및 사고예방을 위하여 고신뢰성의 ATP 개발 및 관제사의 피로도를 감안하여 고속선용 DLP화면 적용이 요구된다.
- 사령설비 선구 별 분산배치가 필요하다.

4) 열차제어시스템 제작사

- 무선폐색센터에서 전자연동장치 간 인터페이스는 동일한 정보를 짧은 주기동안 여러번 전송하도록 한다.
- 이동권한 생성을 위하여 발리스 위치 및 궤도회로 거리에 대한 데이터 구축이 필요하다.
- RBC의 2중계 및 예비 RBC 구축에 대한 검토가 필요하다.
- 현재 개발된 RBC는 2 out of 3로 자체 2중계로 구성되어있다.

5) 열차제어시스템 표준사양 기준

- 열차제어시스템 표준사양을 결정하기 위해 자체 워크숍 및 전문가 자문 결과, 성공적인 과제수행을 위해 관련 자료 및 연구 노하우가 많은 Baseline 2로 결정하고 키 관리 시스템 등 일부 기능은 Baseline 3를 수용하는 것으로 제시한다.

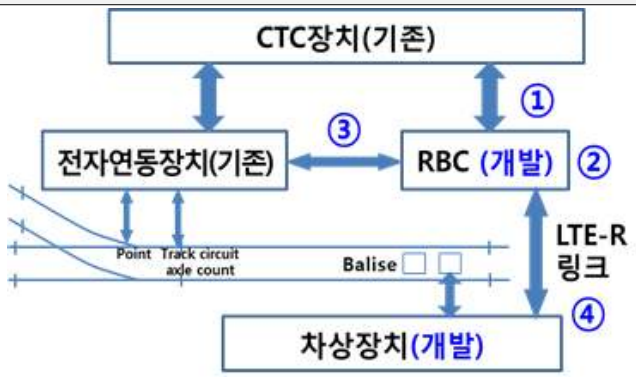
2. 한국형 무선통신기반 열차제어시스템(KRTCS-2) 인터페이스 개발사양 정의

가. 개발사양 정의

본 연구의 개발목표에 따라 일반·고속철도에 적합한 무선통신기반 열차제어시스템의 시작품 개발을 위한 표준규격 정의가 필요하다. 시스템 방향설정은 연구단의 신호관련 공청회를 통해 기존 ATP와 호환성을 갖는 ETCS 시스템으로 방향을 결정했다. 세부 Baseline는 내부 회의 및 전문가 자문을 시행하고, ERTMS/ETCS 표준규격 Subset-026 Baseline 2는 국내 열차제어시스템과의 호환 및 연구개발·검토 자료가 많아 Baseline 3보다 연구개발에 유리함을 확인했다. Baseline 3의 경우 최신사양으로 무선, 제동 등에 관한 사항을 강화하였으나 현재 운용 중인 설비는 없었다. 또한 성능검증규격 Subset-076이 확정되지 않아 성능검증의 어려움이 따른다. 따라서 본 연구에서는 연구개발 및 향후 실용화를 위하여 시스템 개발사양으로 Baseline 2(Subset-026 2.3.0)를 정의하였으며, 일부 안전관련 사항은 Baseline 3를 수용하기로 정의하였다.

- ETCS SUBSET(표준규격) Baseline 버전 선택
  * Baseline 2 : 기존 시스템과 호환 및 검토·연구개발 자료가 많음
  * Baseline 3 : 최신 사양으로 무선, 제동 등 강화, 현재 운용 중인 설비가 없음
- Level 2 시험운행시 기존 ATP(Level 1) 차량이 Level 2 경계 지점에서 발리스 오인식 문제가 예상되므로 해결 방안 고안 필요
  * 기존 차상장치에 정의되지 않은 패킷이 수신 될 경우 에러(제동 인가)로 인식
- 무선통신기반 열차제어시스템 호환성 관련
  * 현재 ETCS Level 2의 SUBSET 규격의 경우 우리나라의 운용환경 등을 고려하여 적용하는 것이 적합
  * 국내 운용환경에 대한 기준수립을 위하여 개발자, 운용자, 유지보수자의 의견 반영
- 무선폐색장치와 연동장치, CTC 등에 대한 인터페이스 규격 작성이 필요
- ETCS Level 2 관련 국산화 기술 개발 방향
  * ETCS Level 2의 핵심장치에 대한 H/W 및 S/W의 100% 국산화 기술 개발 뿐만 아니라 유지보수가 가능해야함
  * ETCS SUBSET 규격에 따라 개발하되 해외기술과의 차별화를 위해 USER 패킷 다양화 등 특화기능 검토해야함
- 인터페이스 사양은 RBC를 중심으로 [표 3-1]과 같이 4개 정의

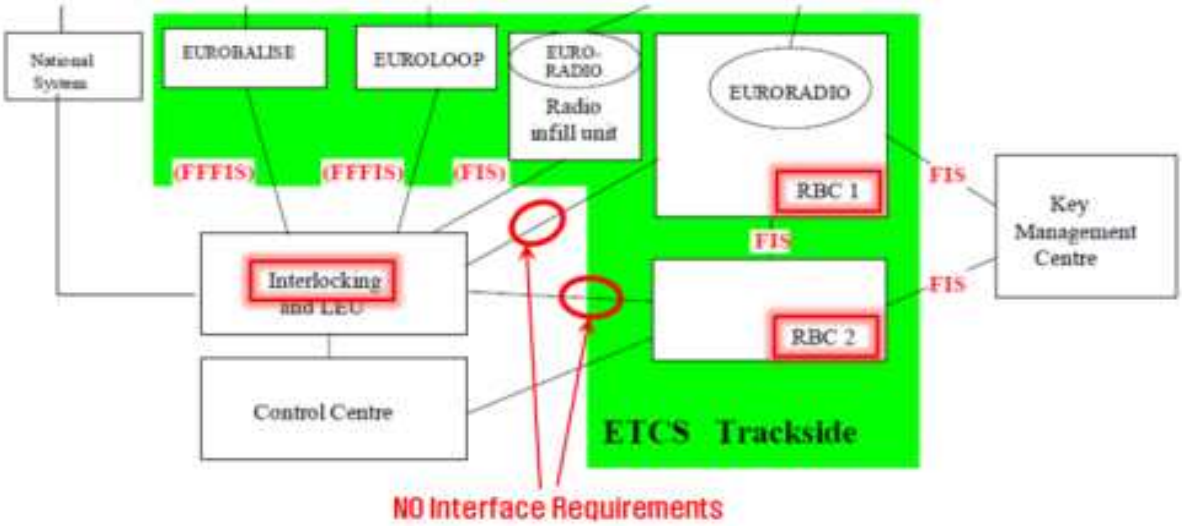
[표 3-11] KRTCS-2 인터페이스 구성도 및 장치

시스템 인터페이스 구성도	RBC와 인터페이스 장치
	① RBC ~ CTC(열차집중제어장치) ② RBC ~ RBC(무선폐색센터) ③ RBC ~ EIS(전자연동장치) ④ RBC ~ KVC(차상장치)

나. 지상열차제어 인터페이스 요구사항 분석

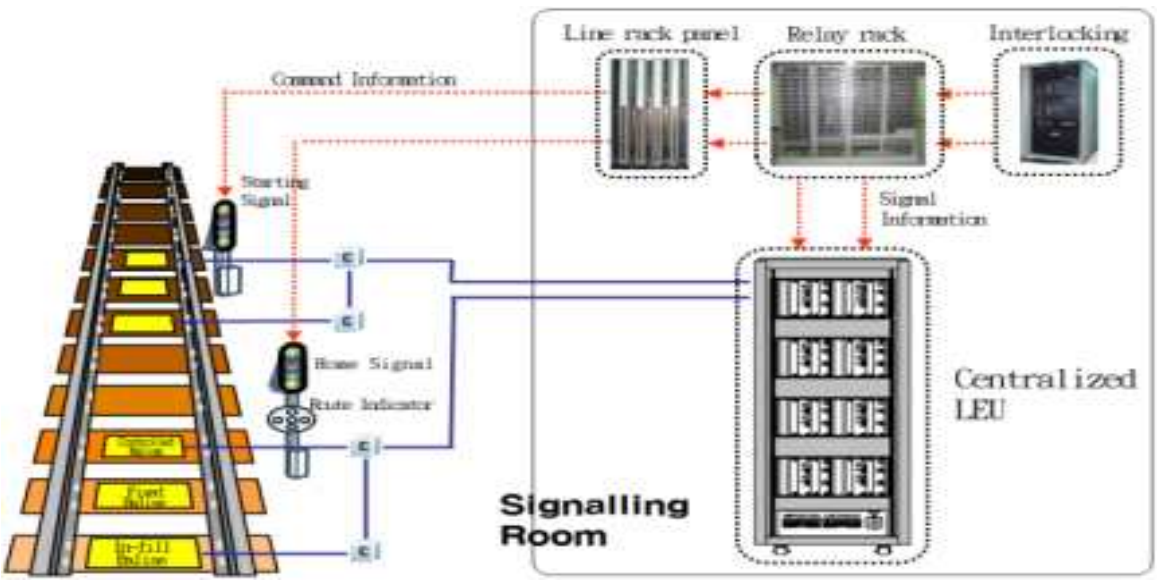
1) EI↔RBC 간 인터페이스 요구사항 조사 및 분석

유럽형 열차제어시스템 ETCS는 상호운영성에 중점을 둔다. 하지만 ETCS Level 2 핵심 장치인 RBC와 연동장치와의 인터페이스는 아래의 그림과 같이 인터페이스 사양은 정의하지 않았고 각국의 별도 사양에 기초한다고 제시한다.



[그림 3-29] ETCS 아키텍처에서의 연동장치↔무선폐색센터 간 인터페이스

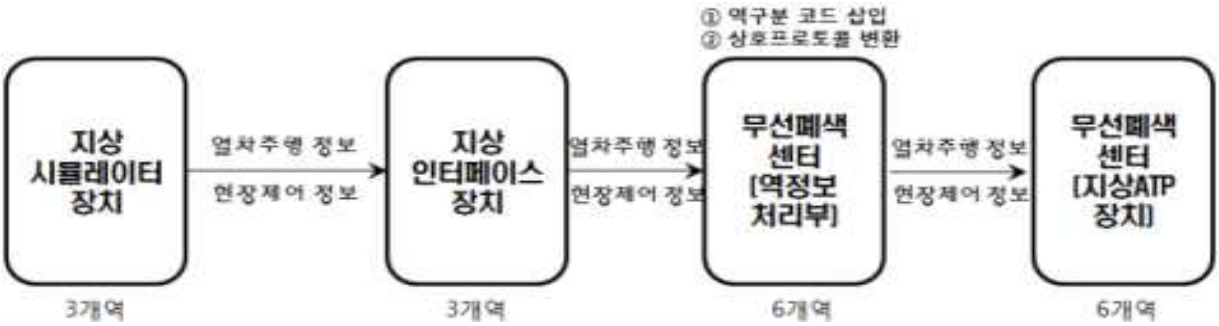
ETCS Level 2 적합한 사양(송·수신 정보 및 데이터 포맷)은 이미 UNISIG Subset에 제시되어있고 연동장치와 무선폐색센터간 열차운행에 필요한 필수 송·수신 정보는 UNISIG Subset에 제시된 메시지 및 패킷 포맷에 적합하도록 인터페이스가 구축되어야 한다. 따라서 기존 국내의 ETCS Level 1 기반 연동장치↔LEU 간 인터페이스를 사전 분석하고 국내·외 ETCS Level 2 기반 연동장치↔RBC 간 인터페이스 조사 및 분석을 통해 국내에 적합한 인터페이스 요구사항을 도출할 필요가 있다.



[그림 3-30] ETCS Level 1 구간에서의 연동장치↔LEU 간 인터페이스 상세구성도

[그림 3-30]은 국내에 설치된 ETCS Level 1 기반 시스템 구성도를 나타내 것으로, ETCS Level 1 기반 LEU는 역구내 장내/출발 신호기 및 진로표시기를 제어하는 연동장치(Interlocking), 계전기랙(Relay rack) 및 분선반랙(Line rack panel)을 통해 인터페이스하여 신호제어정보(Signal Information)를 집중형 LEU(Centralized LEU)에 전송하고 집중형 LEU는 해당 텔레그램을 가변발리스(Controlled Balise) 및 인필발리스(In-fill Balise)로 전송한다. 현재 철도공사에서 사용하는 전자연동장치의 신호 현시 출력조건은 신호 출력계전기를 제어하고 신호기의 현시 여부를 검지하여 신호기를 현시한다.

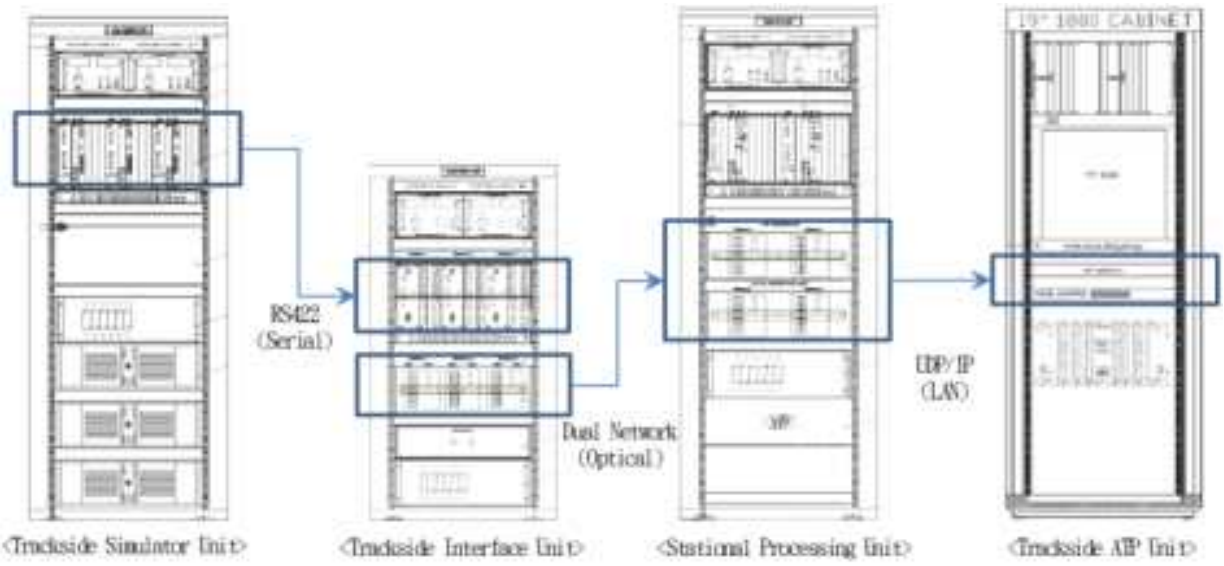
선행연구과제인 「ETCS Level 2 핵심기술개발」을 통해 시험실 수준에서의 무선폐색센터(지상RBC장치)와 지상시뮬레이터장치(전자연동장치) 간 인터페이스를 개발하였다. [그림 3-31]은 ETCS Level 2 핵심기술개발」에서 구축된 지상RBC장치와 지상시뮬레이터장치 간 인터페이스 구성도 이다.



[그림 3-31] ETCS Level 2 기반 지상시뮬레이터장치↔무선폐색센터 간 인터페이스 구성도

[그림 3-31]에서와 같이 지상시뮬레이터장치와 무선폐색센터 간 인터페이스를 구현하기 위해 별도의 지상인터페이스장치와 역정보처리부를 구축하였다. 이는 1대의 무선폐색센터가 6개역을 관할해야 한다는 조건을 성립하기 위한 구성이다.

[그림 3-32]은 본 연구의 통합시험실에 구축된 ETCS Level 2 기반 지상시뮬레이터장치(Trackside Simulator Unit)와 지상인터페이스장치(Trackside Interface Unit), 역정보처리장치(Stational Processing Unit), 지상RBC장치(Trackside ATP Unit)의 구성과 그에 따른 물리적 인터페이스를 나타낸다.

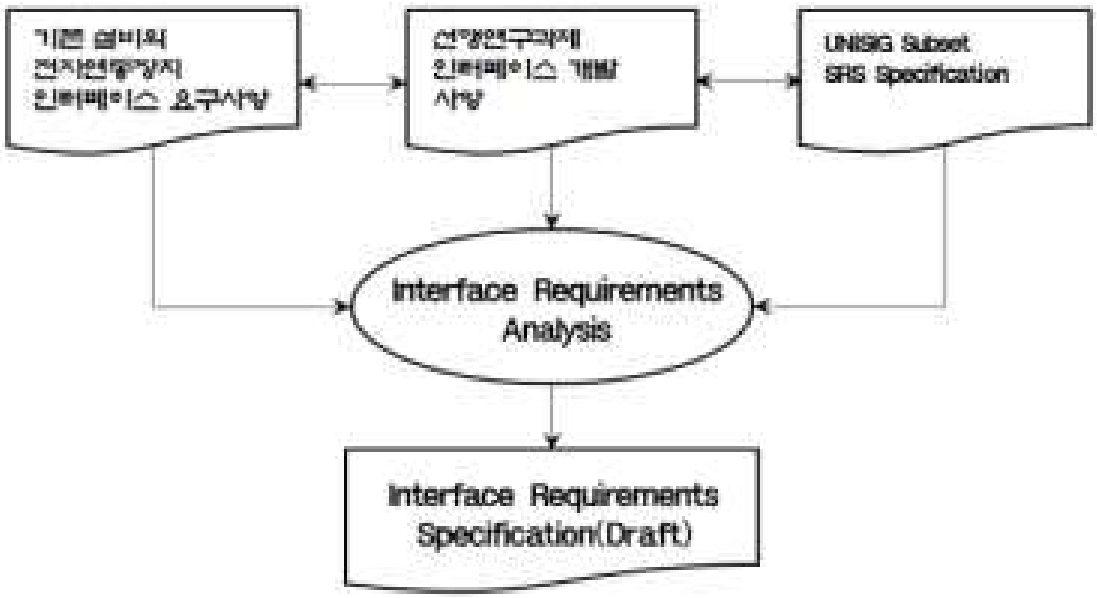


[그림 3-32] ETCS Level 2 기반 무선폐색센터 I/F 물리적 구성

[표 3-12] 지상시뮬레이터장치↔지상RBC장치 간 물리적 인터페이스

순번	인터페이스 구분	통신방식
1	Trackside Simulator Unit ↔ Trackside Interface Unit	RS422(Serial)
2	Trackside Interface Unit ↔ Stational Processing Unit	Dual Network(Optical)
3	Stational Processing Unit ↔ Trackside ATP Unit	UDP/IP(LAN)

연동장치↔무선폐색센터 간 인터페이스 요구사항을 도출하기 위해 [그림 3-8]와 같이 요구사항 도출 과정으로 수행하였다.



[그림 3-33] 연동장치↔무선폐색센터 간 인터페이스 요구사항 도출 과정

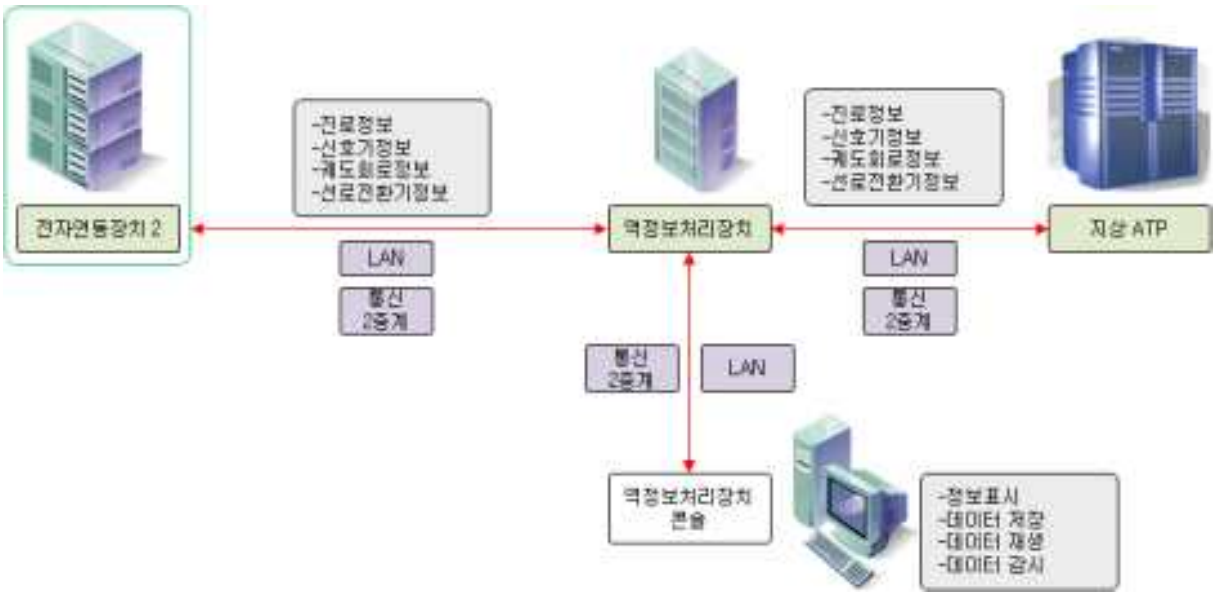
인터페이스 요구사항은 요구사항 추적 및 관리가 용이하도록 별도의 요구사항 식별자를 부여한다. 요구사항 식별자를 부여한 연동장치↔무선폐색센터 간 인터페이스 요구사항(안)은 [표 3-3]와 같이 도출되었다.

[표 3-13] 연동장치↔무선폐색센터 간 인터페이스 요구사항(안)

ID	Description
TCS-SyReq-RBCIF-01-01	무선폐색센터 기반 지상RBC장치는 N개의 신호계전기실에 위치한 각각의 전자연동장치를 관할하여야 한다
TCS-SyReq-RBCIF-01-02	전자연동장치는 현장에서 수신된 선로전환기, 궤도회로정보, 진로설정/해정 기능을 무선폐색센터로 전송하여야한다.
TCS-SyReq-RBCIF-01-03	각 장치간 송수신 되어지는 모든 정보를 표현할 수 있도록 상세 화면을 추가하여 상세한 현장정보의 파악이 가능하도록 하여야 한다.
TCS-SyReq-RBCIF-01-04	전자연동장치가 송신하는 정보는 UNISIG Subset의 시스템요구사항에서 제시하는 메시지 형식에 맞게 변환되어 무선폐색센터 기반 지상RBC장치로 입력되어야 한다.

ID	Description
TCS-SyReq-RBCIF-01-05	각 장치는 이중계로 구성되어 주계가 이상일 경우 예비계로 무순단 자동절체되어 동작에 지장이 없어야 한다.
TCS-SyReq-RBCIF-01-06	모든 통신 데이터는 저장된 메시지 또는 데이터 파일을 이용하여 재현이 가능하여야 한다.
TCS-SyReq-RBCIF-01-07	장치의 기동 또는 통신고장에서 회복 등으로 초기화될 경우에는 EI의 모든 상태정보를 ATP로 전송하여야 한다.
TCS-SyReq-RBCIF-01-08	메시지 전송도중의 에러검출을 위해서 에러검출 코드를 추가하여야 한다.
TCS-SyReq-RBCIF-01-09	EI에서 무선폐색센터로 데이터를 송신하면 무선폐색센터에서는 ACK/NAK로 데이터의 수신여부를 전송해야한다.
TCS-SyReq-RBCIF-01-10	무선폐색센터에서 NAK로 응답할 경우 EI에서는 데이터를 재전송 하여야 한다.
TCS-SyReq-RBCIF-01-11	EI↔무선폐색센터간 송수신에서 일정 시간동안 응답이 없을 경우 경고처리를 하여야 한다.

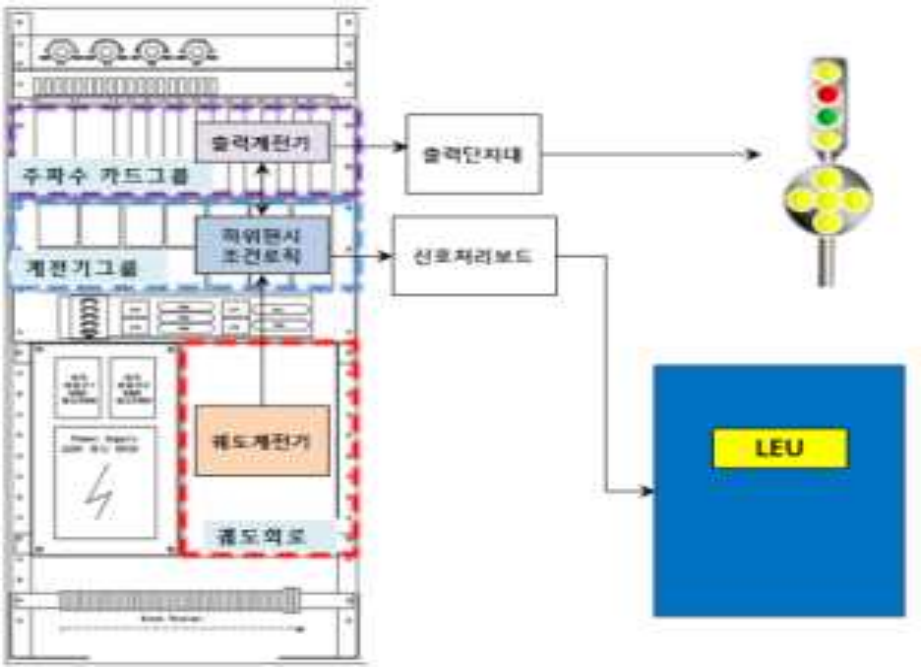
연동장치↔무선폐색센터 간 인터페이스 요구사항을 도출하기 위해 개발된 무선폐색센터(지상RBC장치)의 인터페이스를 고려하여 [그림 3-34]와 같이 인터페이스를 재구성하였다.



[그림 3-34] 연동장치↔무선폐색센터 간 인터페이스 구성(안)

2) 폐색제어장치 인터페이스 요구사항 조사 및 분석

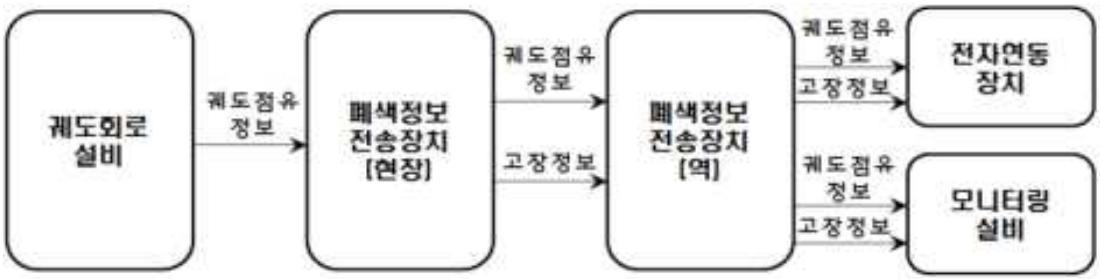
일반 및 고속철도에 적용되는 열차제어시스템은 하나의 폐색에 하나의 열차만 점유되도록 하는 고정폐색방식을 사용하고 있다. 반면 비교적 속도가 낮은 경전철 및 도시철도 노선에서는 특정 구간에 다수의 열차(단일 차종)를 투입하여 제한된 시간에 많은 승객을 탑승시킬 수 있는 이동폐색방식을 적용하는 것이 세계적인 추세이다. 국내에 설치된 ETCS Level 1 기반 지상설비에서 폐색 구간에 설치되는 자동폐색장치(Automatic Block System : ABS)는 LEU 및 신호기(Signal)와 연계되어 주행 중인 열차의 신호 현시 조건을 자동으로 출력하는 기능을 담당한다. [그림 3-35]과 같이 ETCS Level 1 기반 ABS는 주파수카드를 사용하고 인접한 ABS와 신호현시 정보를 통신하는 방식으로 구성되어 있다.



[그림 3-35] ABS의 세부 구성 및 인터페이스

현재 한국철도공사에서 사용하는 ABS의 신호현시 출력조건은 신호출력계전기를 제어하고 신호기의 현시 여부를 검지하여 신호기를 현시하는 방식으로 해당 신호기에 이상 발생 시(단심검지) 하위 신호로 현시되는 로직으로 구현된다. ETCS Level 1 시스템은 신호기의 현시조건과 동일한 신호조건을 차상신호로 전송해야하기 때문에 신호현시 계전기 접점을 선로변제어유니트(LEU)에서 수신하여 현시조건을 검사한다. 만약, 신호현시 계전기의 여유 접점이 없을 경우 추가의 반응계전기를 설치한다.

선행연구과제(ETCS Level 2 핵심기술개발)에서는 역장치와 현장장치는 광통신 2중화 Network로 구성하며, 현장장치는 통합형 및 분리형 Type으로 설계 및 제작 되었다.



[그림 3-36] ETCS Level 2 기반 폐색장치↔연동장치 간 인터페이스 구성도

[그림 3-36]는 전자연동장치와 폐색장치간 인터페이스 구성도를 나타낸다. 폐색장치는 역장치와 현장장치로 구성되며, 역장치는 각 역 기계실에 설치되어 선로변의 폐색 현장장치로부터 수신 받은 궤도 점유정보, 고장정보를 전자연동장치로 전송한다. [그림 3-37]은 ETCS Level 2 기반 전자연동장치↔폐색장치 간 물리적 구성이다.

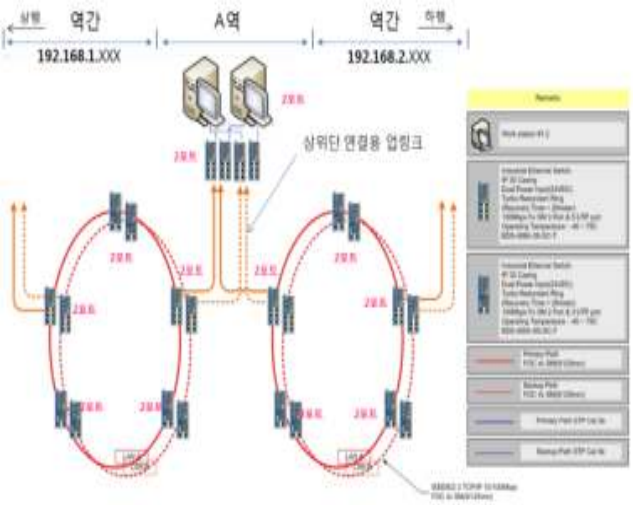


[그림 3-37] ETCS Level 2 기반 전자연동장치↔폐색장치 간 물리적 구성

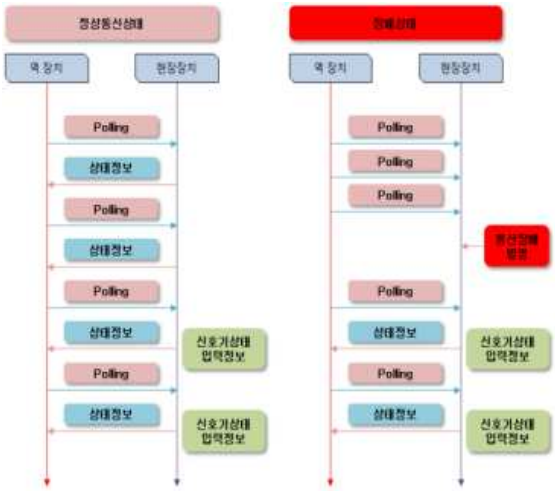
[표 3-14] ETCS Level 2 기반 전자연동장치↔폐색장치 간 물리적 구성

순번	인터페이스 구분	통신방식
1	기존연동장치 ↔ 폐색장치(역장치)	Dry contact
2	폐색장치(역장치) ↔ 폐색장치(현장)	광통신2중화Network

ETCS Level 2 기반 폐색정보전송장치의 역장치와 현장장치 간 통신망 구성 및 통신망에 따른 정보 흐름은 [그림 3-38], [그림 3-39]와 같다.



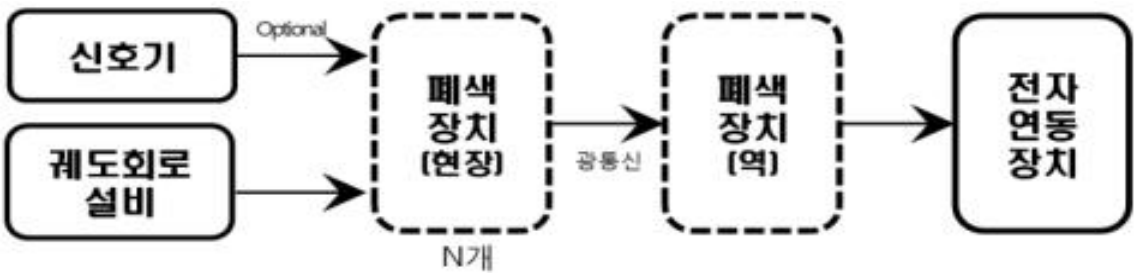
[그림 3-38] 폐색 정보전송장치의 통신망 구성도



[그림 3-39] 폐색정보전송장치 정보흐름도

선행연구과제인 「ETCS Level 2 핵심기술개발」에서 폐색정보전송장치의 기능 및 성능을 검증하기 위해 전라선 ETCS Level 1 구간(덕양-여천구간)에서 2013년 12월부터 2014년 10월까지 약 17개월 간 현장부설시험을 수행하였다. 현장장치는 상선 2대, 하선 2대로 설치하고 여천역 신호기계실에 폐색정보전송장치 역장치 및 모니터링장비를 설치하여 현장부설시험을 진행하였으며 현장부설 시험 결과, 폐색정보전송장치의 기능 및 성능이 기존 제품(ABS)과 비교해서 동등 이상의 결과를 확인하였다.

본 연구에서 실제 열차를 사용하여 현차시험을 성능시험을 시행하기 때문에 궤도회로 정보는 열차의 안전과 직결되는 중요한 사항이다. 그러나 기존 폐색구간의 궤도회로 정보는 아날로그 통신을 사용하여 신호기계실에서 수신 받기 때문에 주파수 간섭 등의 위험요소를 내재하고 있다. 해결방안으로 선행연구과제의 개발품의 신뢰성 향상하여 사용하는 방향으로 진행한다. 또한 연동장치와의 인터페이스는 별도 계전기를 사용하여 시험시 폐색정보전송장치 계전기를 사용하고 평상시는 사용하지 않도록 절체회로를 구성하여 사용한다. [그림 3-40]과 같은 인터페이스 구성(안)을 이다.

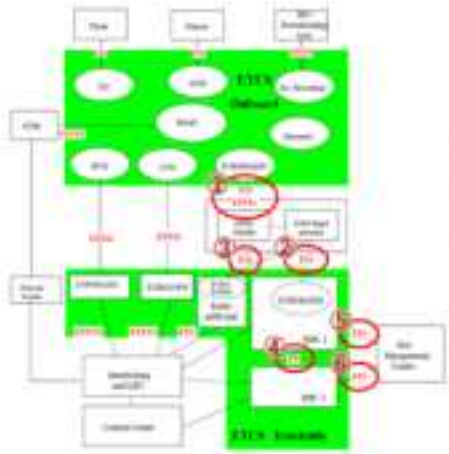


[그림 3-40] 무선통신기반 열차제어시스템 폐색장치 인터페이스 구성도

신뢰성 향상을 위한 인터페이스 요구사항으로는 궤도회로설비로부터 열차점유정보를 수신받아 전자연동장치로 전송, 선로변과 신호계전기실간 인터페이스는 다중화 통신방식으로 구현, 신호계전기실의 폐색장치(역) 제어부는 다중계로 구성되어 신뢰성 및 가용성을 확보, 선로변의 폐색장치(현장) 구성은 기존설비를 최대한 활용 등이 있다.

3) 무선통신(QoS) 인터페이스(안전전송유닛 I/F) 요구사항 분석 및 품질 개선

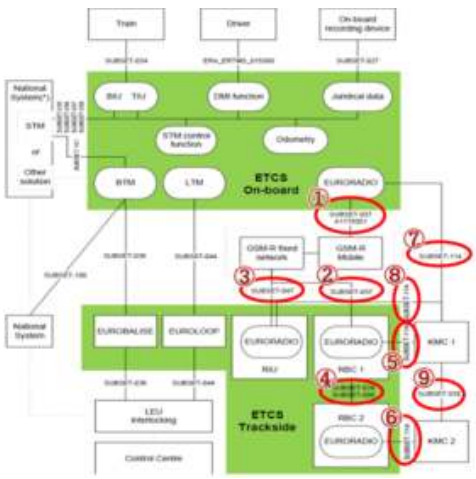
ETCS Level 2 구간을 주행하는 열차는 지상의 무선폐색센터(RBC)로부터 열차 주행에 필요한 정보를 무선통신(Radio Communication)을 통해 송·수신하여 운행한다. 이때 차상의 열차제어시스템(On-board ATP Unit) 및 지상의 열차제어시스템(Trackside ATP Unit)은 무선으로 송·수신되는 정보의 신뢰성 및 보안성을 확보하기 위해 암호화(Encryption) 및 복호화(Decryption) 등의 기능 및 성능을 확보해야 한다. 이러한 기능 및 성능을 확보하기 위해 ETCS 사양인 UNISIG Subset에서는 RBC와 RBC 간, RBC와 KMC(Key Management Center) 간 기능인터페이스사양(Functional Interface Specification) 등을 정의하여 배포하였다. [그림 3-16]은 SUBSET 091 사양(ISSUE 2.2.2)인 「Safety Requirements for the Technical Interoperability of ETCS in Levels 1&2」에 제시된 ETCS Baseline 2 기반 ERTMS/ETCS Reference Architecture 이다.



NO.	인터페이스	형식
①	ETCS Onboard EURORADIO↔GSM Mobile	FIS, FFFIS
②	RBC1 EURORADIO↔GSM fixed network	FIS
③	Radio infill unit EURORADIO↔GSM fixed network	FIS
④	RBC1↔RBC2	FIS
⑤	RBC1↔Key Management Center	FIS
⑥	RBC2↔Key Management Center	FIS

[그림 3-41] ETCS Baseline 2 구성도 및 무선 인터페이스 사양

[그림 3-41]에서 ETCS Onboard의 EURORADIO와 ETCS Trackside의 EURORADIO의 인터페이스 사양과 관련된 FIS와 FFFIS(Form-Fit Functional Interface Specification)에 대해서 정의하고 있다. 다음으로 SUBSET 091 사양(ISSUE 3.3.0)인 「Safety Requirements for the Technical Interoperability of ETCS in Levels 1&2」에 제시된 ETCS Baseline 3 기반 ERTMS/ETCS Reference Architecture는 [그림 3-42]과 같다.



NO.	인터페이스	사양서
①	ETCS Onboard EURORADIO↔GSM Mobile	SUBSET-037
②	RBC1 EURORADIO↔GSM fixed network	SUBSET-037
③	Radio infill unit EURORADIO↔GSM fixed network	SUBSET-047
④	RBC1↔RBC2	SUBSET-039 SUBSET-098
⑤	RBC1↔Key Management Center	SUBSET-114
⑥	RBC2↔Key Management Center	SUBSET-114
⑦	ETCS Onboard EURORADIO↔KMC1	SUBSET-114
⑧	Radio infill unit EURORADIO↔KMC1	SUBSET-114
⑨	KMC1↔KMC2	SUBSET-038

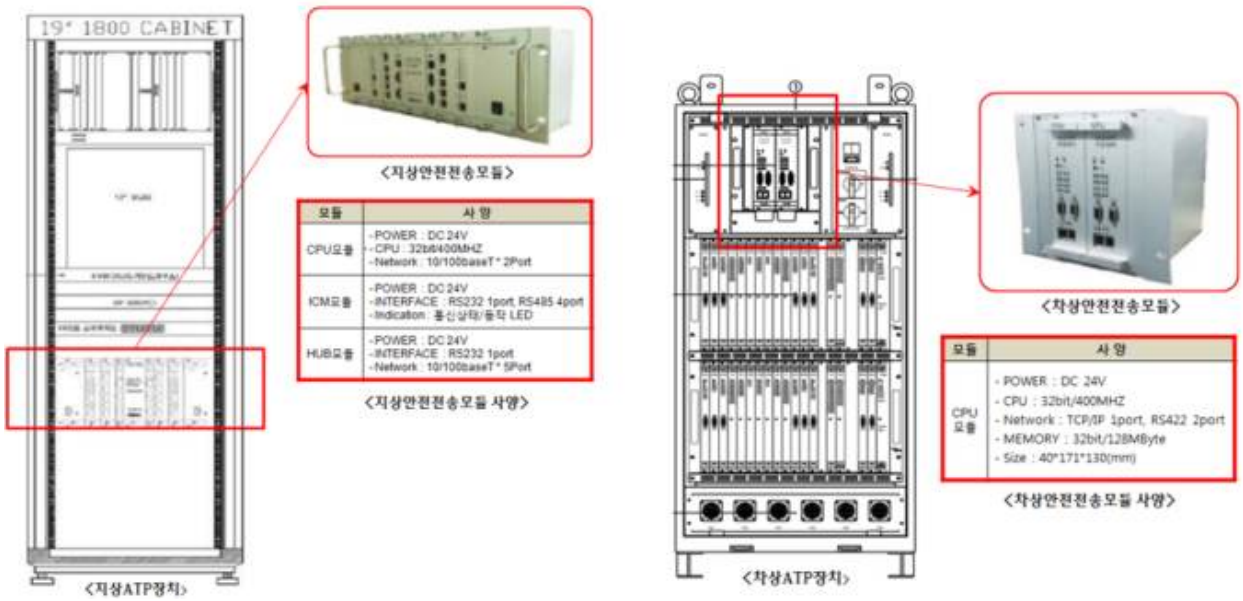
[그림 3-42] ETCS Baseline 3 구성도 및 무선 인터페이스 사양

ETCS Baseline 3의 구조에서도 ETCS Baseline 2의 구조와 같이 ETCS Onboard의 EURORADIO와 ETCS Trackside의 EURORADIO의 인터페이스 사양에 대해서 정의하고 있다. 단, ETCS Baseline 3 구조에서는 ETCS Baseline 2의 구조와는 달리 각각의 인터페이스 사양에 대해 구체적인 사양서 번호를 제시하고 있다. 또한 ETCS Baseline 3 구조와 ETCS Baseline 2 구조의 차이점은 [그림 3-17]에서의 ⑦, ⑧, ⑨번에 해당하는 인터페이스 사양이 추가로 제시되어 있다. 이와 같은 분석 내용을 바탕으로 안전전송 요구사항을 달성하기 위한 필수 참고 사양서는 [표 3-15]와 같이 도출되었다.

[표 3-15] 안전전송 인터페이스 필수 참고사양서

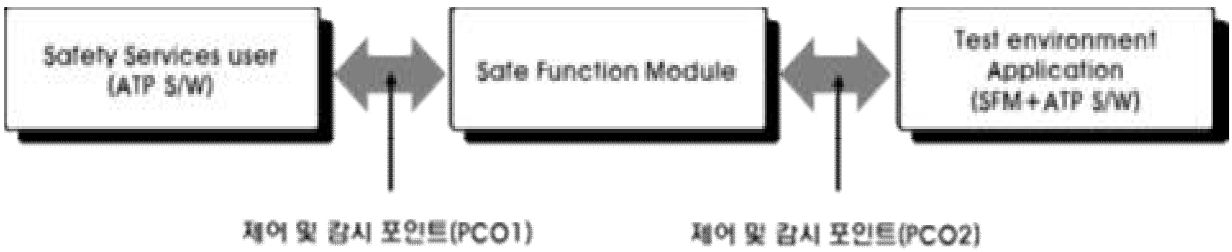
순번	사양서 번호	사양서 제목
1	SUBSET-037	Euroradio FIS
2	SUBSET-038	Key Management FIS
3	SUBSET-039	FIS for the RBC/RBC Handover
4	SUBSET-098	RBC-RBC Safe Communication Interface
5	SUBSET-114	KMC-ETCS Entity Off-line KM FIS

선행연구과제인 「ETCS Level 2 핵심기술개발」에서 개발된 안전전송유닛은 ETCS 사양의 요구사항에 따라 차상 및 지상의 무선통신설비와 연계되어 송·수신되는 정보의 신뢰성 및 보안성을 확보하기 위해 암호화(Encryption) 및 복호화 기능을 수행하는 장치로써 개발되었다. 안전전송유닛의 지상RBC장치 내에 탑재되는 지상안전전송유닛과 KVC장치 내에 탑재되는 차상안전전송유닛으로써 개발되었다. [그림 3-43]는 지상RBC 및 KVC장치에 탑재된 안전전송유닛을 나타낸다.



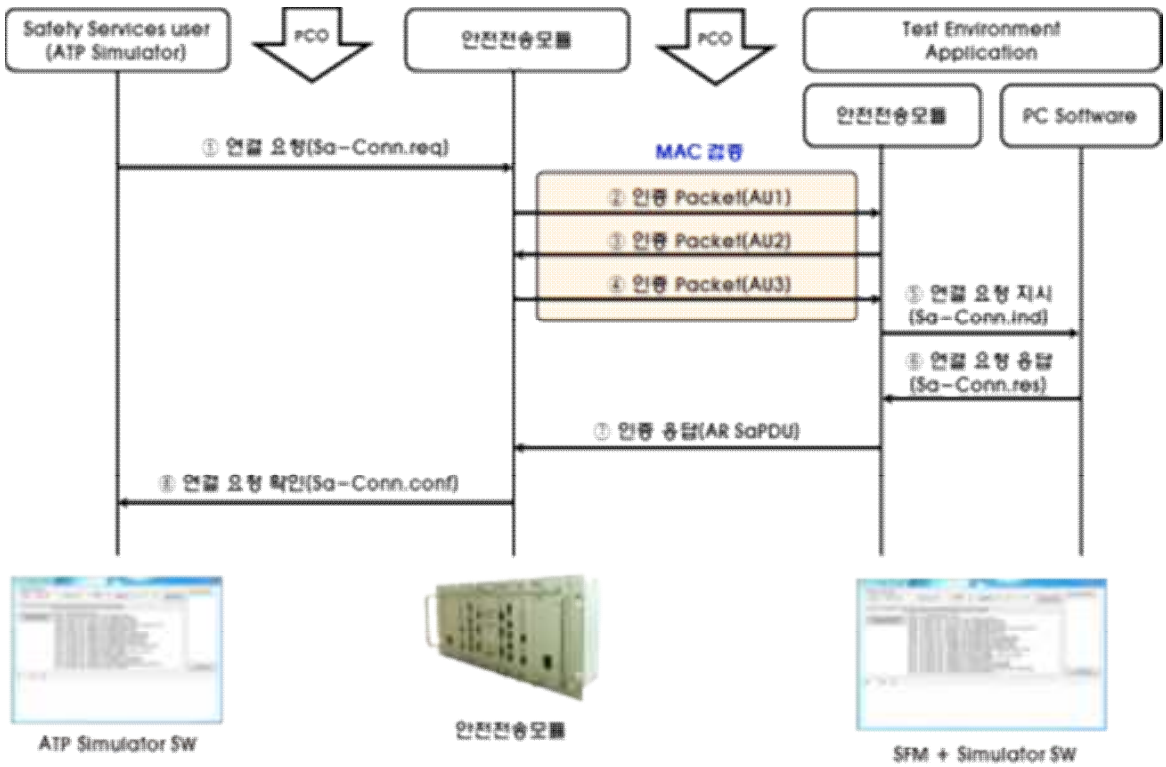
[그림 3-43] ETCS Level 2 기반 안전전송유닛 사양

선행연구과제에서는 안전전송유닛의 유효적합성 항목들을 검증하기 위한 목적으로 다수의 기능 요구사항을 통합한 Test case를 바탕으로 시험을 수행하였다. Test case를 시험하기 위한 시스템 구성도는 [그림 3-44]와 같고, 검증 대상인 안전전송유닛을 중심으로 ATP 역할을 수행하기 위한 Safety Services user와 상대편 안전전송유닛과 ATP 기능을 가진 검증용 S/W로 시험 환경을 구성하여 시험을 수행하였다.



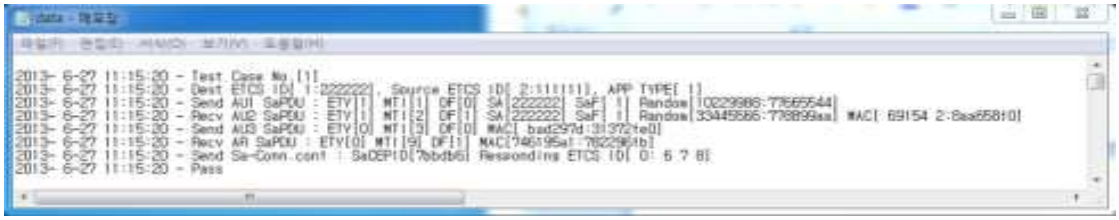
[그림 3-44] Test case를 활용한 안전전송유닛 시험환경 구성

안전전송유닛의 기능을 검증하기 위하여 개발된 검증용 소프트웨어와의 모의시험에 대한 시스템 구성 및 절차는 [그림 3-45]과 같다. ATP Simulator에서 전송된 연결요청(Sa-Conn.req) 명령에 대하여 안전전송유닛과 Test Environment Application는 상호간의 인증단계(MAC)를 거치게 된다. 이후 Test Environment Application 내부적으로 연결요청지시(Sa-Conn.ind), 연결요청응답(Sa-Conn.res)를 거쳐 연결 요청에 대한 인증응답(AR SaPDU)을 안전전송유닛으로 전송한다. 안전전송유닛은 ATP Simulator에게 연결요청확인(Sa-Conn.conf) 명령을 회신함으로서 시험에 대한 절차가 완료된다.



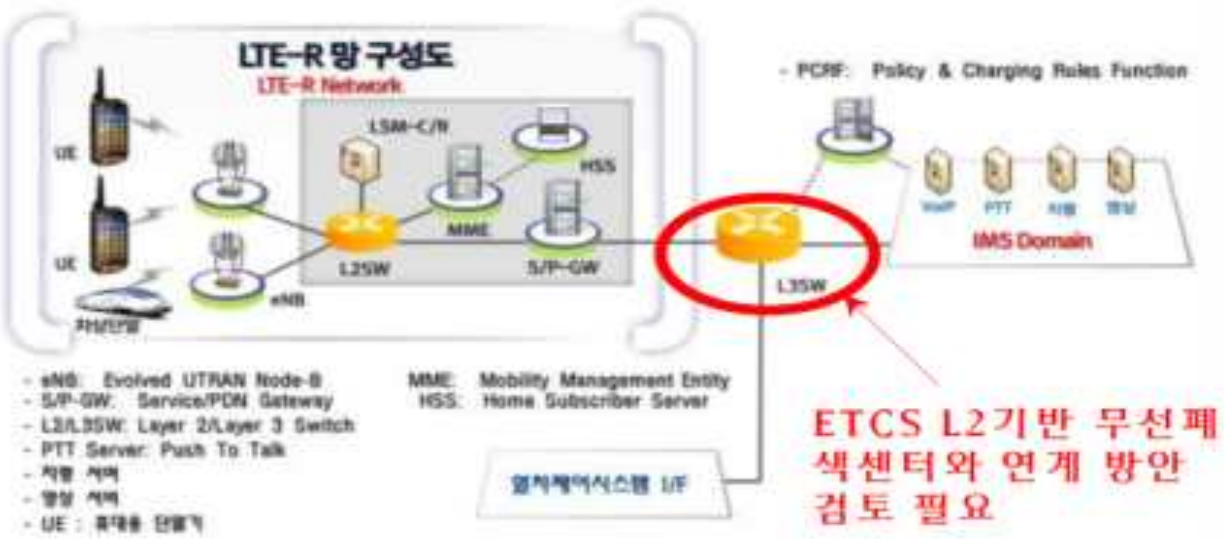
[그림 3-45] 시험 구성 및 절차도

이와 같은 방식으로 테스트케이스 1번부터 46번까지 시험을 진행하고, 개별 케이스별로 저장된 로그 데이터를 분석하였다. 앞서 정의한 절차에 의해 명령과 응답이 정상적으로 이루어졌음을 확인할 수 있다.



[그림 3-46] Test case 시험결과 로그(정상)

선행 연구과제인 「ETCS Level 2 핵심 기술개발」에서는 무선통신 방식이 결정되지 않았지만 본 연구과제에서는 무선방식인 철도전용 통합무선통신인 LTE-R로 결정되었기 때문에 LTE-R 무선설비가 설치된 나주역을 현장조사하여 아래와 같은 인터페이스 방안을 수립하였다.



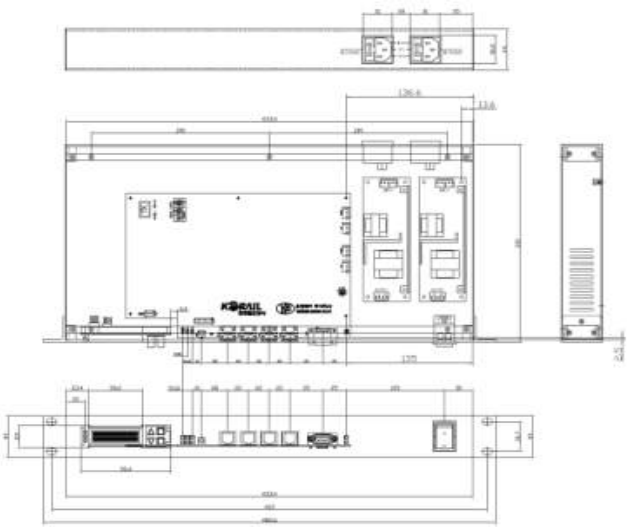
[그림 3-47] LTE-R 설비에서의 열차제어 인터페이스 방안

요구사항 분석 및 현장조사 내용을 바탕으로 LTE-R 기반 안전전송유닛 인터페이스에 대한 품질 요구조건(안)을 아래와 같이 수립하였다.

[표 3-16] 안전전송유닛의 품질 요구조건(안)

ID	품질 요구조건
STU-QA-001	무선통신설비 및 열차제어시스템의 품질 및 QoS(Quality of Service) 요구사항에 따라 품질 및 QoS가 제어되어야 한다.
STU-QA-002	지상 ATP장치 및 차상 ATP장치와 인터페이스가 가능하도록 인터페이스 품질을 보증해야 한다.
STU-QA-003	지상 ATP장치 및 차상 ATP장치와 연계 시 하드웨어 또는 소프트웨어의 최적화가 수행되어야 한다.
STU-QA-004	향후 지상 및 차상에 구축될 LTE-R 기반 무선통신설비와 연계될 수 있도록 업그레이드가 가능하여야 한다.

도출된 안전전송유닛의 품질 요구조건(안)을 바탕으로 지상안전전송유닛에 대한 품질 개선을 수행하였다. 지상안전전송유닛의 CPU는 안정성 및 처리속도의 실시간성(Real-Time)을 고려하여 개발하였고, 동작전원은 AC 220V를 직접 입력받아 운영되며 내부 전원 이중화(Oring Logic)를 지원하도록 설계 제작하였다. 또한 지상RBC 및 LTE-R설비 등의 외부 장치와의 인터페이스를 고려하여 이더넷 및 시리얼포트를 확장하였다.

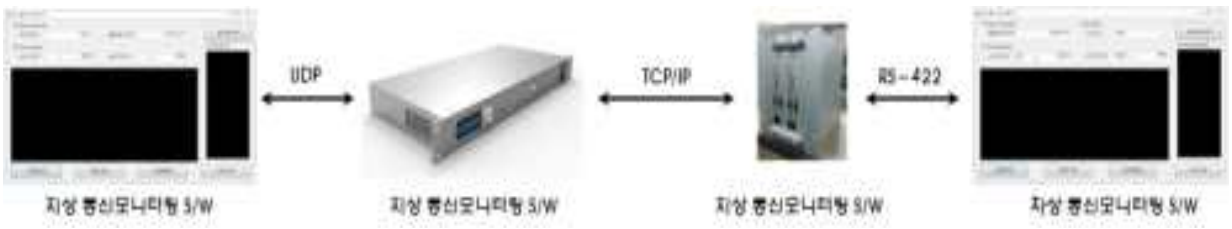


[그림 3-48] 안전전송유닛 품질개선 설계도



[그림 3-49] 안전전송유닛 품질개선 외형도

품질이 개선된 지상 및 차상 안전전송유닛을 검증하기 위해 지상 및 차상 통신모니터링 소프트웨어를 구현하고, [그림 3-50]와 같이 시험환경을 구성하고 선행 연구과제에서 도출된 절차에 따라 품질을 검증한다. 검증결과 지상 및 차상 안전전송유닛에서 안전 연결, 데이터 전송, 연결 해제 모두 정상적으로 동작함을 확인하였다.

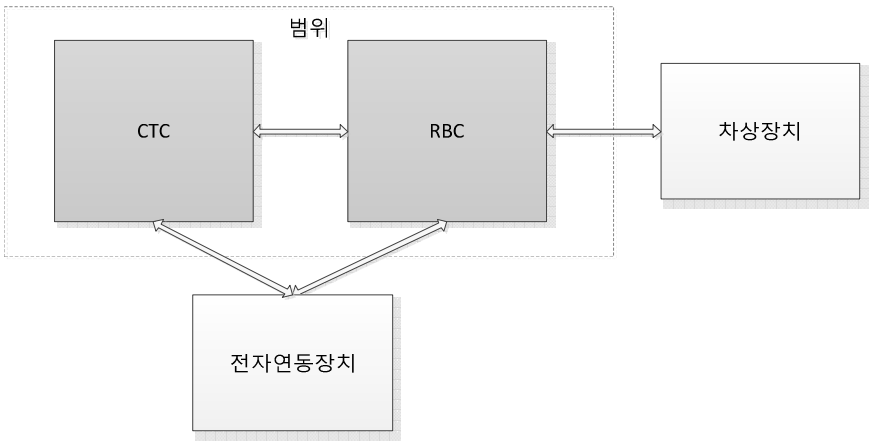


[그림 3-50] 안전전송유닛 동작시험

다. CTC-RBC 간 인터페이스 개발사양 정의 및 보완

1) 목적 및 범위

ECTS Level 2는 다양한 장치간의 인터페이스와 규격을 정의하고 있다. CTC는 RBC를 운용함에 있어서 감시와 제어를 수행하여야 한다. 그러나 ETCS Level 2에서는 CTC-RBC간의 인터페이스 규격을 정의하고 있지 않고, 각 국가에서 필요한 사항을 정의할 수 있도록 여지를 남겨두었다. 따라서 KRTCS 2 과제를 완벽하게 수행하기 위해서는 CTC 장비와 RBC간의 인터페이스 규격을 정의하고 이에 맞게 개발을 진행하여야 하므로, CTC－RBC간 인터페이스 개발사양을 정의한다.

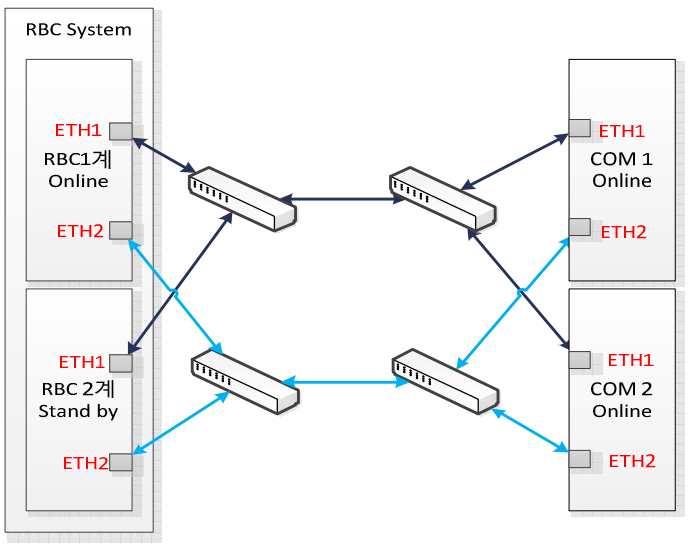


[그림 3-51] CTC-RBC 인터페이스 개발 사양 범위

2) 인터페이스

가) 물리적 인터페이스

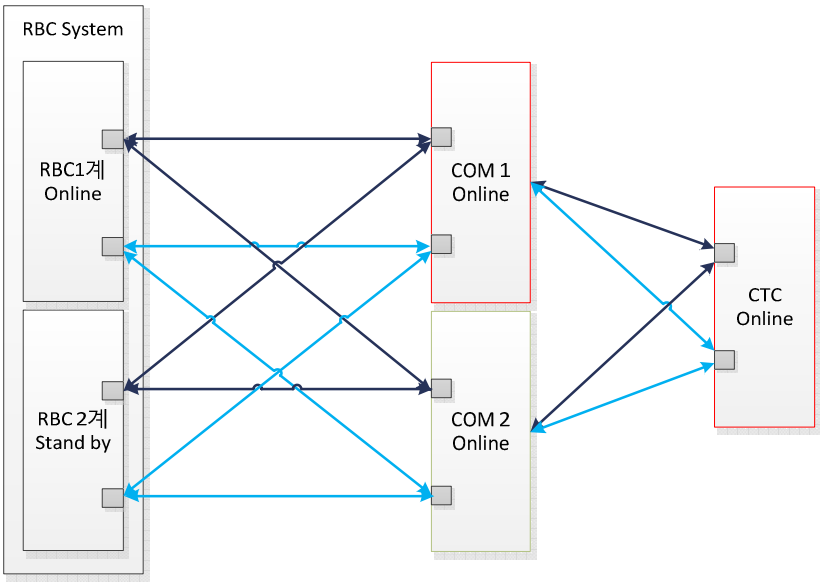
[그림 3-52]은 RBC 시스템과 CTC 시스템의 물리적 통신 인터페이스를 나타낸 그림이다. RBC는 2중계 시스템으로 Online , Standby로 구성되며, COM(CTC) 서버는 COM1 서버와 COM2 서버를 구성되며, 두 시스템 모두 항상 Online 상태로 동작한다. RBC와 CTC는 통신 네트워크 2중망 구성을 위해 각각 2개의 이더넷 포트를 가지고 있으며, RBC시스템은 4개의 이더넷을 가지며, COM1은 2개의 이더넷 포트와 COM2는 2개의 이더넷 포트를 가진다.



[그림 3-52] RBC-CTC간 물리적 통신 인터페이스

나) 논리적 인터페이스

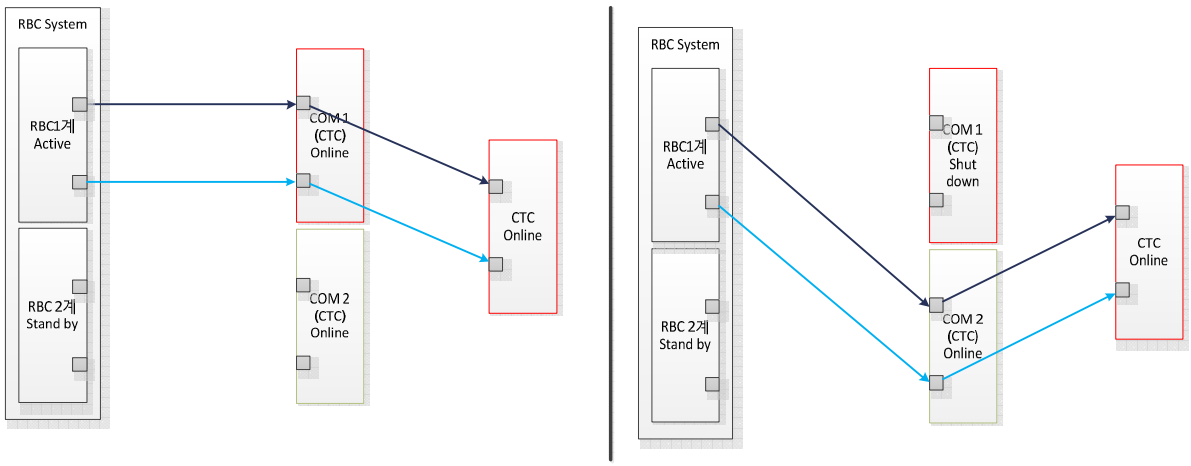
RBC와 COM(CTC) 서버는 동일한 네트워크로 묶여있는 통신포트에 물리적으로 접근이 가능하다. 예를 들면 RBC1계의 ETH1 통신포트는 COM1의 ETH1과 COM2의 ETH1 통신포트로의 접근이 가능하다. 이런 가능성을 모두 연결해 놓은 것이 [그림 3-53] 이다.



[그림 3-53] RBC-CTC간 논리적으로 연결 가능한 모든 통신세션

다) 논리적 인터페이스 동작방법 (RBC 측면)

RBC 1계가 Online 상태가 되면 관제서버로 데이터를 전송하기 위해서는 Online 상태의 COM 서버를 찾아내어 해당 서버와 통신을 시작한다. 그러나 COM1과 COM2 모두 Online 상태로 판단되면 RBC1계는 두 서버 중 COM1 서버를 우선적으로 선택하여 통신을 연결하고 데이터를 전송한다. 이후 RBC 1계가 COM1서버와 통신 중 COM1 서버가 다운이 되면 COM2서버와 통신을 연결해서 데이터를 송·수신해야 한다.

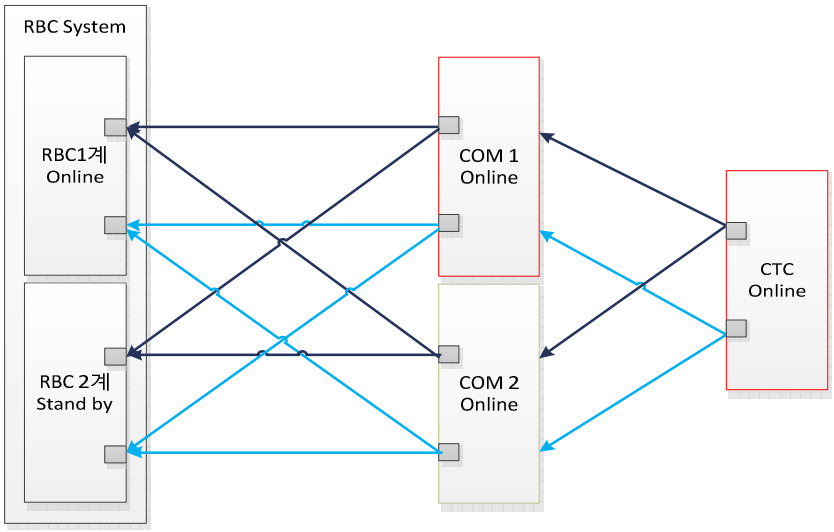


[그림 3-54] RBC-CTC간 논리적 인터페이스 동작방법(RBC 측면)

라) 논리적 인터페이스 동작방법 (CTC 측면)

COM(CTC) 서버는 항상 Online 모드로 운영된다. COM1, COM2 서버가 Online 상태면 제어 메시지는 COM1 서버의 두 포트, COM2 서버의 두 포트에서 각각 RBC1계/2계로 모두 전송된다. 따라서 COM1, COM2가 모두 online 상태이고, RBC 1계가 Online 상태라면, RBC1

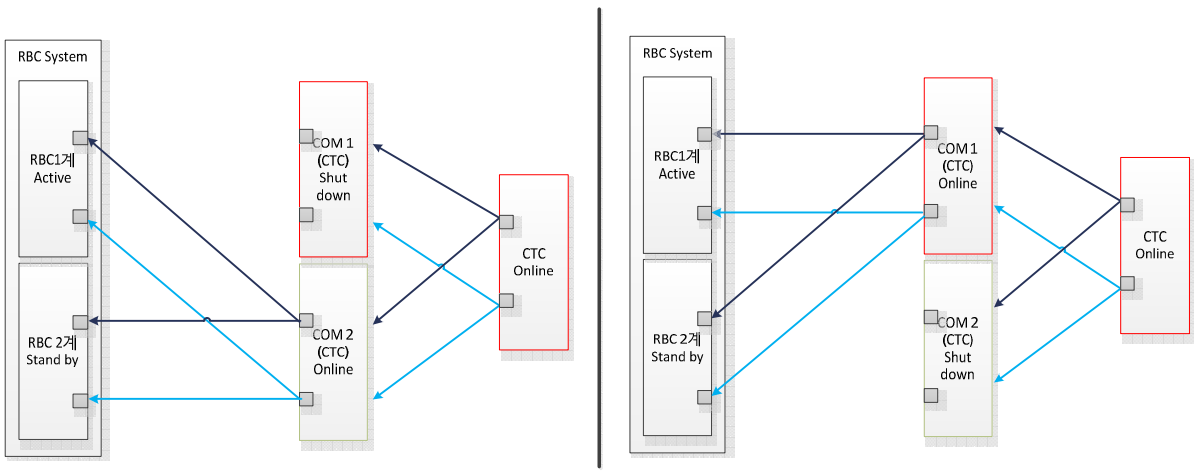
계는 4개의 제어 메시지를 수신하게 된다. RBC는 유효한 COM 서버 선정 방식에 따라 선정된 COM 서버로부터 수신된 2개의 메시지만을 유효하게 처리하고, 다른 COM 서버에서로부터 수신된 메시지는 무시한다. RBC 2계가 Online인 경우에도 상기와 동일하게 동작하도록 한다. 단, 다른 COM 서버로부터 수신된 메시지는 무시된다고 하더라도, COM 서버의 Online 여부를 판정하기 위한 용도로는 사용되어야 한다.



[그림 3-55] RBC-CTC간 논리적 인터페이스 동작방법(CTC 측면)

마) 논리적 인터페이스 동작방법 (COM서버 Shutdown 시)

COM1 서버가 Shut down 되어 COM2 만 Online 상태라면 RBC online 계는 COM2로부터 두개의 포트로 제어 메시지를 수신하게 된다. 실제 통신을 위한 서버가 COM2로 선정되었다면 RBC 내부에서 검사하고 있는 제어메시지의 시퀀스 번호는 COM2의 시퀀스 번호로 동기화하는 것이 필요하다. 이러한 동작이 필요한 이유는 COM1 서버와 COM2 서버는 서로 독립적으로 메시지 시퀀스를 생성하여 양측의 시퀀스 번호가 서로 상이하기 때문이다. 따라서 COM2로부터 수신된 첫 번째 유효한 메시지의 시퀀스를, RBC 내부에서 검사하고 있는 제어 메시지의 시퀀스 번호로 갱신하여야 한다.

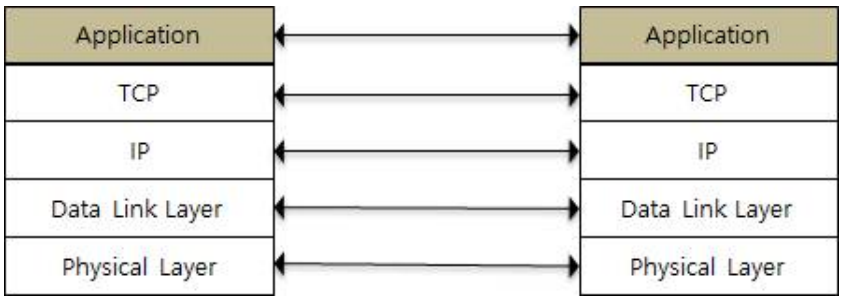


[그림 3-56] RBC-CTC간 논리적 인터페이스 동작방법(COM서버 Shutdown 시)

COM2 서버와 정상적으로 통신이 진행되다가 통신 단절 또는 Shut down으로 인해 COM1과 통신을 재개할 때에도 역시 상기의 COM1에서 COM2로 통신 서버를 변경하는 과정과 동일하게 진행되어야 한다.

바) 프로토콜 스택

다음 그림은 CTC-RBC간 인터페이스 상에 적용되는 프로토콜 스택을 도식한 그림이다. 최상위의 Application 계층을 비롯하여 TCP, IP, Data Link Layer, Physical Layer로 구성되어 있다. 그리고 CTC-RBC 사이의 통신망은 RBC의 위치에 따라 달라질 수 있는데, 본 보고서에서는 RBC는 CTC와 함께 관제센터 내부에 함께 위치하는 중앙집중형 방식을 채택하여 내부 폐쇄망으로 구성된다고 간주하였다.



[그림 3-57] CTC-RBC 인터페이스 통신 프로토콜 스택

- Application Layer : CTC-RBC간 메시지 및 송수신 규칙을 규정한 응용 계층
- TCP Layer : 인터넷에서 사용하는 전송 프로토콜 계층
- IP Layer : 인터넷에서 사용하는 네트워크 프로토콜 계층
- Data Link Layer : Ethernet과 같은 인터넷 프로토콜 모델의 2계층
- Physical Layer

3) 데이터 프레임

가) 데이터 프레임 구성

STX	SEQ	MESSAGE	CRC32
1byte	1byte	Nbyte	4byte

- STX : 데이터 프레임의 시작을 나타냄. 0x20
- SEQ : 시퀀스 넘버를 나타냄. 1 ~ 255이며 초기화시 0값을 전송
- MESSAGE :
- CRC32 : 데이터 검증을 위한 CRC32 Checksum. STX는 제외

4) MESSAGE

가) 메시지 프레임

NID_MESSAGE	L_MESSAGE	NID_RBC	DATA

- NID_MESSAGE : 메시지 ID 값
- L_MESSAGE : 메시지 길이
- NID_RBC : 메시지와 연관되는 RBC ID 값
- DATA : 실제 메시지의 내용

나) CTC에서 RBC로 전송되는 메시지 목록

NID_MEESAGE	설명	방향
51	열차문자전송	CTC->RBC
52	열차비상정지설정/해제	CTC->RBC
53	열차임시속도설정	CTC->RBC
54	열차번호설정	CTC->RBC
55	표준시각정보	CTC->RBC

- 열차 문자 정보 전송 : CTC가 열차를 지정하여 실시간으로 전달되어 표시되는 텍스트를 보내는 용도의 메시지
- 열차 비상정지 설정/해제 : CTC가 열차를 지정하여 비상정지 메시지를 RBC로 전송하면 RBC가 해당 열차에 즉시 비상정지 명령을 전송하는 용도의 메시지
- 열차 임시속도 설정/해제 : CTC가 특정 구간을 지정하여 임시제한속도를 설정하여 RBC로 전송하면 RBC는 해당 구간을 진입하는 열차에 임시적으로 속도를 제한할 수 있도록 하는 기능의 메시지
- 열차 번호 설정 : CTC가 RBC로 열차 번호 설정 메시지를 전송하면, RBC는 차상장치로 열차 번호 설정 패킷을 전달하는데 사용하는 메시지
- 표준 시각 정보 : CTC에서 제공되는 표준시각을 RBC로 전달하여 표준 시각 동기화를 위해 사용된다. CTC는 RBC에 1s 마다 전송된다.

다) RBC에서 CTC로 전송되는 메시지 목록

NID_MEESAGE	설명	방향
61	ACK/NACK	RBC->CTC
63	General Message	RBC->CTC

- ACK/NACK : CTC에서 온 메시지를 잘 수신하였을 경우, 이에 대한 응답으로 ACK 메시지를 전송하고, 수신된 메시지에 오류가 있을 경우에는 NACK 메시지를 전송하여 명시적으로 메시지에 대한 응답을 하는데 사용됨
- General Message : RBC의 상태 정보 및 RBC 관리 하에 있는 열차 정보를 주기적으로 CTC에 전송하기 위한 메시지

4) CTC->RBC Message 정보

가) 열차 문자 정보 전송 (Message No.51)

NID_MESSAGE	L_MESSAGE	NID_RBC	NID_ENGINE	PACKET 72

순서	영역	설명	비고
1	NID_MESSAGE	메시지의 ID (No.51)	
2	L_MESSAGE	전체 메시지의 길이 (byte)	
3	NID_RBC	전송되는 RBC의 식별자(ID)	
4	NID_ENGINE	열차 고유 번호	
5	PACKET72	차상장치가 지정되어 전송되는 텍스트	

나) 열차 비상 정지 설정/해제 전송 (Message No.51)

NID_MESSAGE	L_MESSAGE	NID_RBC	NID_ENGINE	NID_EM	M_EM

순서	영역	설명	비고
1	NID_MESSAGE	메시지의 ID (No.52)	
2	L_MESSAGE	전체 메시지의 길이 (byte)	
3	NID_RBC	전송되는 RBC의 식별자(ID)	
4	NID_ENGINE	차상장치의 고유번호 (ID)	
5	NID_EM	비상정지 설정 번호	
6	M_EM	비상정지 설정/해제	

다) 임시 제한 속도 구간 설정/해제 전송 (Message No.53)

NID_MESSAGE	L_MESSAGE	NID_RBC	NID_BG	PACKET65 or PACKET66

순서	영역	설명	비고
1	NID_MESSAGE	메시지의 ID (No.53)	
2	L_MESSAGE	전체 메시지의 길이 (byte)	
3	NID_RBC	전송되는 RBC의 식별자(ID)	
4	NID_BG	TSR 설정 발리스	
5	PACEKT 65	임시제한속도구간 설정	

라) 열차 번호 설정 (Message No.54)

NID_MESSAGE	L_MESSAGE	NID_RBC	NID_ENGINE	NID_OPERATIONAL

순서	영역	설명	비고
1	NID_MESSAGE	메시지의 ID (No.54)	
2	L_MESSAGE	전체 메시지의 길이 (byte)	
3	NID_RBC	전송되는 RBC의 식별자(ID)	
4	NID_ENGINE	차상장치 고유번호 식별자(ID)	
5	NID_OPERATIONAL	차상장치 열차 번호	

마) 표준 시각 정보 (Message No.55)

NID_MESSAGE	L_MESSAGE	NID_RBC	PACEKT

순서	영역	설명	비고
1	NID_MESSAGE	메시지의 ID (No.55)	
2	L_MESSAGE	전체 메시지의 길이 (byte)	
3	NID_RBC	전송되는 RBC의 식별자(ID)	
4	PACKET 205	표준 시각 정보	

5) RBC->CTC Message 정보

가) ACK/NACK (Message No.61)

NID_MESSAGE	L_MESSAGE	NID_RBC	SEQ	M_ACK

순서	영역	설명	비고
1	NID_MESSAGE	메시지의 ID (No.61)	
2	L_MESSAGE	전체 메시지의 길이 (byte)	
3	NID_RBC	전송되는 RBC의 식별자(ID)	
4	SEQ	제어 메시지의 SEQ 번호	
5	M_ACK	응답 (1=ACK, 0= NACK)	

나) General Message (Message No.63)

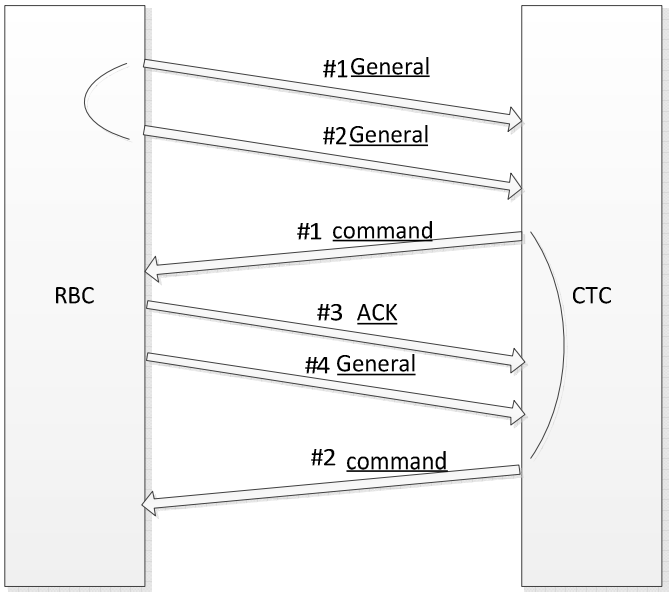
NID_MESSAGE	L_MESSAGE	NID_RBC	PACKET…

순서	영역	설명	비고
1	NID_MESSAGE	메시지의 ID (No.63)	
2	L_MESSAGE	전체 메시지의 길이 (byte)	
3	NID_RBC	전송되는 RBC의 식별자(ID)	
4	PACKET 200	RBC 상태 정보	
5	N_ITER_TSR	임시 속도 구간 설정 개수	
6	NID_BG(j)	TSR 설정 발리스	
7	PACKET 65(j)	임시 속도 구간 정보	
8	N_ITER	열차 제어 대수 반복	
9	NID_ENGINE(k)	차상장치 고유번호 식별자(ID)	
10	PACKET 11(k)	열차 기본 데이터 정보	
11	PACKET 0(k)	열차의 위치 정보	
12	PACKET 201(k)	열차의 비상정지 설정 정보	
13	PACKET 4(k)	열차의 에러 정보	
14	PACEKT 202(k)	열차에 주어진 MA의 정보	

6) 메시지 흐름

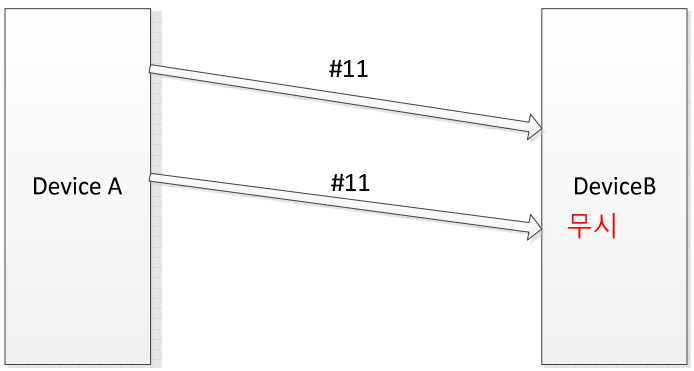
가) 정상 시퀀스

RBC는 시스템 초기화가 완료되면 RBC는 RBC 영역 하에 관리되고 있는 열차 정보 데이터와 RBC 상태 정보 데이터를 500ms 주기로 CTC로 전송해야 한다. 그리고 CTC는 RBC에 표준 시각 정보를 매 1초(sec)마다 전송해야 한다. RBC는 CTC의 제어 정보에 대한 수신 확인을 위해 ACK/NACK 메시지로 응답해야 한다(단, RBC는 표준 시각 정보에 대해서 ACK/NACK를 전송하지 않음). RBC의 CTC와의 인터페이스 초기화는 COM1 서버를 우선순위로 송·수신한다. RBC는 COM1 서버와 인터페이스가 되지 않으면 COM2 서버와 인터페이스를 시도해서 데이터를 송·수신한다.



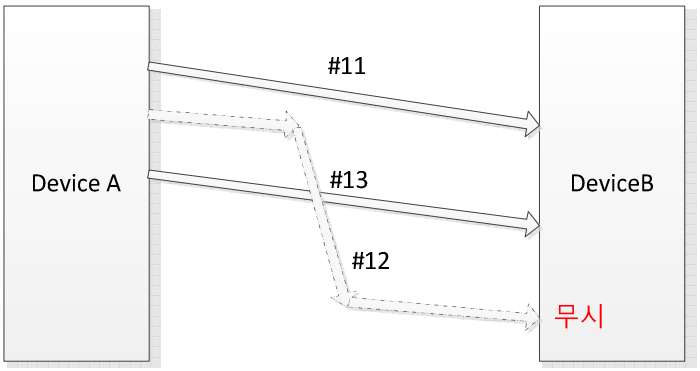
[그림 3-58] CTC-RBC간 메시지 흐름 정상 시퀀스

나) 시퀀스 오류 처리



[그림 3-59] CTC-RBC간 시퀀스 중복

- 시퀀스 번호가 같은 번호가 오면 먼저 수신된 데이터를 처리하고 이후 데이터는 무시하고 다음 데이터를 기다린다.



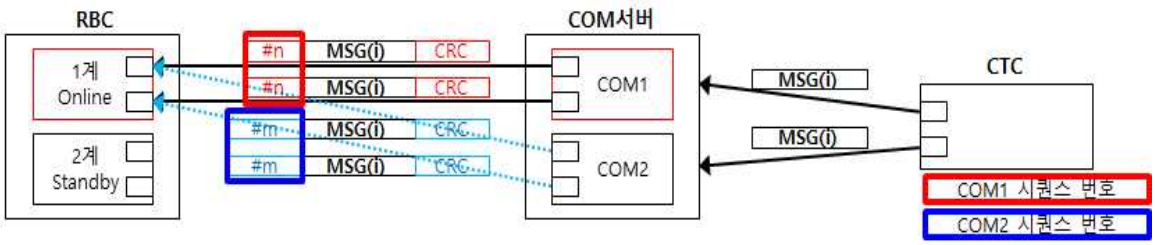
[그림 3-60] CTC-RBC간 시퀀스 지연

- 메시지가 지연되어 시퀀스 번호가 빠른 데이터가 뒤이어 도착하였다면, 뒤늦게 도착한 시퀀스에 대해선 처리하지 않는다. 그림과 같이 #13이 먼저 도착하고 난 뒤 #12가 도착했다면 #12의 메시지는 무시되고 다음 번호인 #14번 메시지를 기다린다.

7) 주요 변경 사항

가) 시퀀스 불일치 시 RBC 처리 방법 추가

CTC에서 COM1, COM2 서버로 전송하는 패킷은 내용은 동일하지만 각각 시퀀스 번호는 별개로 관리한다. 따라서 RBC에서 COM1, COM2 서버로부터 동일한 메시지를 받지만, 시퀀스 번호는 다른 메시지를 수신했을 때, 다음과 같이 처리하도록 규정한다.



[그림 3-61] RBC에서 시퀀스 번호 불일치에 대한 예

- RBC online계가 COM1 서버를 주COM 서버로 선정하였다면
  ; COM1 서버 메시지만 유효하게 처리. COM2 서버에서 오는 메시지는 무시.
- RBC online계가 COM2 서버로 주 COM 서버를 변경한다면
  ; COM2 서버 메시지만 유효하게 처리. COM1 서버에서 오는 메시지는 무시
- 시퀀스 번호는 절체와 동시에 해당 COM 서버의 제어메시지의 시퀀스 번호로 초기화

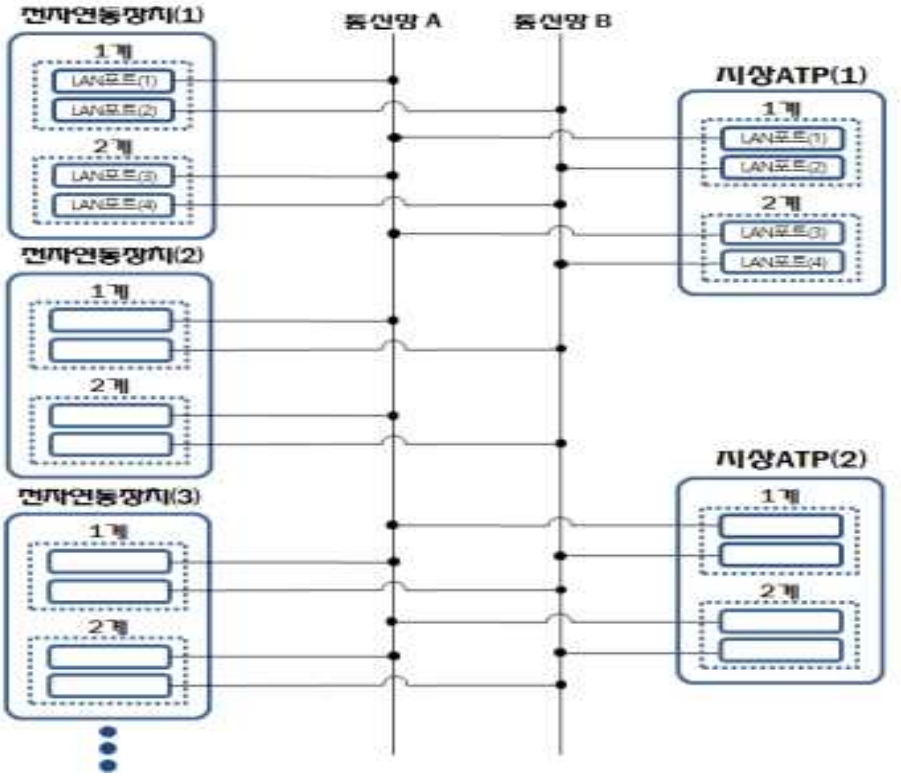
나) 전송 프로토콜을 UDP에서 TCP로 변경함

CTC-RBC간 인터페이스 개발사양 초안을 작성하여 각 관련 부서의 의견을 청취하는 과정에서 관제센터에서 전송프로토콜을 UDP에서 TCP로 변경해 달라는 요청을 받고 제작사와 협의를 거쳐 최종적으로 전송프로토콜을 TCP로 변경하였다.

라. EIS-RBC 간 인터페이스 개발사양 정의 및 보완

1) 인터페이스 구성 및 동작 (안)

ETCS Level 2 기반 노선의 각 역 구내 신호계전기실에 설치된 N대의 전자연동장치는 N개의 역을 관할하는 무선폐색센터에 설치된 1대의 지상RBC장치와 [그림 3-62]과 같이 연계된다. 이때, 전자연동장치와 무선폐색센터 간 인터페이스는 별도의 통신망을 사용하다.



[그림 3-62] EIS-RBC 상세 인터페이스 구성도

[그림 3-62]에서 전자연동장치의 1계 LAN포트(1) 및 2계 LAN포트(3)은 통신망 A를 통해 지상RBC장치 1계 LAN포트(1) 및 LAN포트(3)과 연계되고 전자연동장치의 1계 LAN포트(2) 및 2계 LAN포트(4)는 통신망 B를 통해 지상RBC장치의 1계 LAN포트(2) 및 2계 LAN포트(4)와 연계된다. 전자연동장치의 1계 고장 시, 2계로 자동 절체되어 지상RBC장치의 2계로 필요 정보를 전송한다. 지상RBC장치는 전자연동장치로부터 필요 정보를 3회 수신받지 못하거나 2초 내에 수신받지 못하면 전자연동장치와의 통신이 차단된 것으로 판단한다. 다수의 전자연동장치 정보를 수용해야 하는 지상RBC장치의 성능을 보장하기 위해서 별도의 인터페이스장치를 사용할 수 있다. 인터페이스를 위한 정보전송 방향, 신호선 회선수, 커넥터 단자, 통신프로토콜, 물리적 연결, 통신 주기에 따른 필요 사양은 [표 3-17]과 같다.

[표 3-17] EIS-RBC 간 인터페이스 사양

순번	구분	사양(안)
1	정보전송 방향	단방향(EIS→지상RBC장치)
2	신호선 회선수	2회선
3	물리적 연결	Ethernet 10/100 Base-T
4	커넥터 단자	RJ45→RJ45(EIS→지상RBC장치)
5	통신프로토콜	UDP/IP Unicast
6	전송 주기	500ms

2) 전송 프로토콜

전송 메시지의 프레임은 시작 및 끝의 검출을 위한 필드를 사용한다. EIS는 RBC가 현장의 변화된 정보를 수용할 수 있도록 현장 신호설비 및 기기의 변화된 상태정보를 500ms 단위로 주기적으로 전송한다. 메시지 프레임 구조는 [표 3-18]과 같다.

[표 3-18] EIS-RBC 간 메시지 프레임 구조

STX	Data Length	Sequence No.	Station No.	Message Type	Data	CRC	ETX
1 byte	2 byte	1 byte	1 byte	1 byte	N byte	4 byte	1 byte

3) Element ID 생성 순서 및 각 상태정보 별 비트 구성

Element ID 생성 순서는 다음과 같이 운용모드를 시작으로 지장물검지장치까지 총 15가지 항목의 순서로써 정의된다.

① 운용 모드 ② 전원장치 ③ 전자연동장치
④ 선로전환기 ⑤ 장내 및 출발신호기 ⑥ 구내자동폐색신호기
⑦ 폐색신호기 ⑧ 입환신호기(입환표지 포함) ⑨ 진로
⑩ 구내궤도 ⑪ 폐색궤도 ⑫ 건널목
⑬ 폐색방향 ⑭ 신호기일괄정지 ⑮ 지장물검지장치

항목별 표시정보 비트 중 4가지에 대하여 간략하게 설명한다. [표 3-19]와 [표 3-20]은 선로전환기 및 장내/출발 신호기 표시정보 비트 구성이다. 선로전환기는 정/반위, 쇄정/해정, 정상/고장, 정/반위 동작 중 상태정보를 전송하여야 하며 출발, 장내신호기는 진행/정지, 고장/정지, 접근쇄정/해정, 진행정위진로 설정/취소 상태정보(표시정보)를 전송하여야 한다.

[표 3-19] 선로전환기 표시정보 비트 구성

비트	이름	설 명
0	NP	1 : 정위상태 0 : 다른 상태
1	RP	1 : 반위상태 0 : 다른 상태
2	LK	1 : 쇄정상태 0 : 해정상태
3	PF	1 : 고장상태 0 : 정상상태
4	MN	1 : 정위로 동작중 0 : 다른 상태
5	MR	1 : 반위로 동작중 0 : 다른 상태
6	-	CU
7	-	CU

[표 3-20] 장내/출발신호기의 표시정보 비트구성

비트	이름	설 명
0	SG	1 : 진행신호 현시 0 : 정지신호 현시
1	SF	1 : 신호기 고장 0 : 신호기 정상
2	-	CU
3	TTB	1 : TTB ON 0 : TTB OFF(TTCB)
4	AL	1 : 접근쇄정 ON 0 : 접근쇄정 해정
5	CG	1 : 유도신호기 ON 0 : 유도신호기 0FF
6	PK	1 : 신호 취급시 0 : 신호 미취급시
7	-	CU

진로는 진로 쇄정/해정 상태정보(표시정보)를 전송하여야 하며 궤도회로는 비점유/점유 상태정보(표시정보)를 전송하여야 한다. 진로 및 궤도회로(구내, 폐색) 표시정보 비트 구성은 [표 3-21], [표 3-22]와 같다.

[표 3-21] 진로 표시정보 비트 구성

비트	이름	설 명
0		CU
1		CU
2		CU
3		CU
4		CU
5		CU
6		CU
7	RLK	1 : 진로쇄정, 0 : 진로해정

[표 3-22] 궤도회로 표시정보 비트 구성

비트	이름	설 명
0	TK	1 : 궤도회로 비점유상태 0 : 궤도회로 점유상태
1	-	1 : 진로 비쇄정상태, 0 : 진로 쇄정상태
2	-	CU
3	-	CU
4	-	CU
5	-	CU
6	-	CU
7	-	CU

4) 메시지 전송량

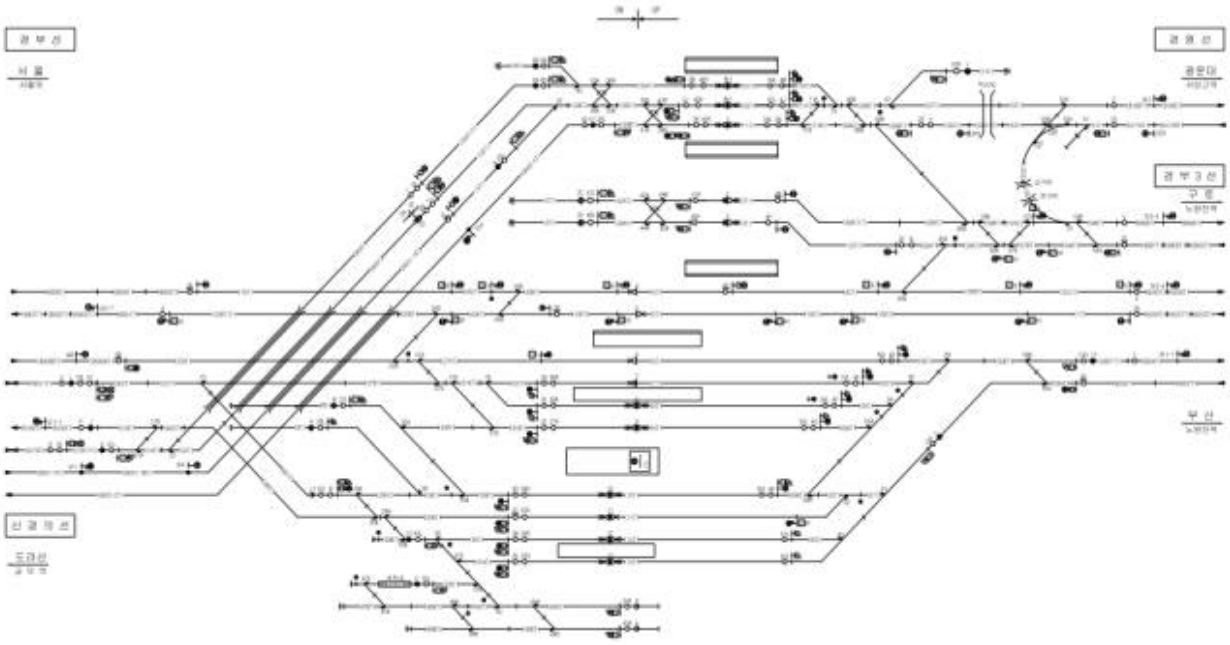
전자연동장치로부터 송신되는 메시지는 다음 그림과 같은 크기를 가지며 메시지 안에 포함되는 데이터는 전자연동장치에서 생성되는 모든 상태정보(운용모드, 전원장치, 선로전환기, 장내 및 출발신호기, 진로, 궤도 등)를 Full data 형식으로 포함하여 지상RBC장치로 전송한다.
이때, 1대의 지상RBC장치는 N대의 전자연동장치에서 수신되는 모든 메시지에서 [표 3-23]과 같이 RBC 운용에 필요한 필수정보 및 참고정보를 수용하고 이를 구분하여 처리해야 한다.

[표 3-23] 운용에 따른 전자연동장치 필수 및 참고정보

STX	Data Length	Sequence No.	Station No.	Message Type	Data	CRC	ETX
1 byte	2 byte	1 byte	1 byte	1 byte	N byte	4 byte	1 byte

구분	이름	Data	RBC 필수정보	RBC 참고정보
상태정보	운용모드	1 byte		√
	전원장치	1 byte		√
	전자연동장치	1 byte	○	
	선로전환기	n byte	○	
	주 신호기(장내 및 출발)	n byte	○	
	구내자동폐색신호기	n byte	○	
	폐색신호기	n byte		√
	입환신호기(입환표지 포함)	n byte	○	
	진로	n byte	○	
	구내궤도	n byte	○	
	폐색궤도	n byte	○	
	블랙채널(열차번호)	n byte		√
	건널목	n byte		√
	폐색방향	n byte		√
	신호기일괄정지	1 byte		√
	지장물검지장치	n byte		√

대형역 메시지 전송량은 다음 그림과 같이 용산역 연동도표 상의 상태정보 요소들을 고려하여 산출하였다.



[그림 3-63] 용산역 연동도표 일부

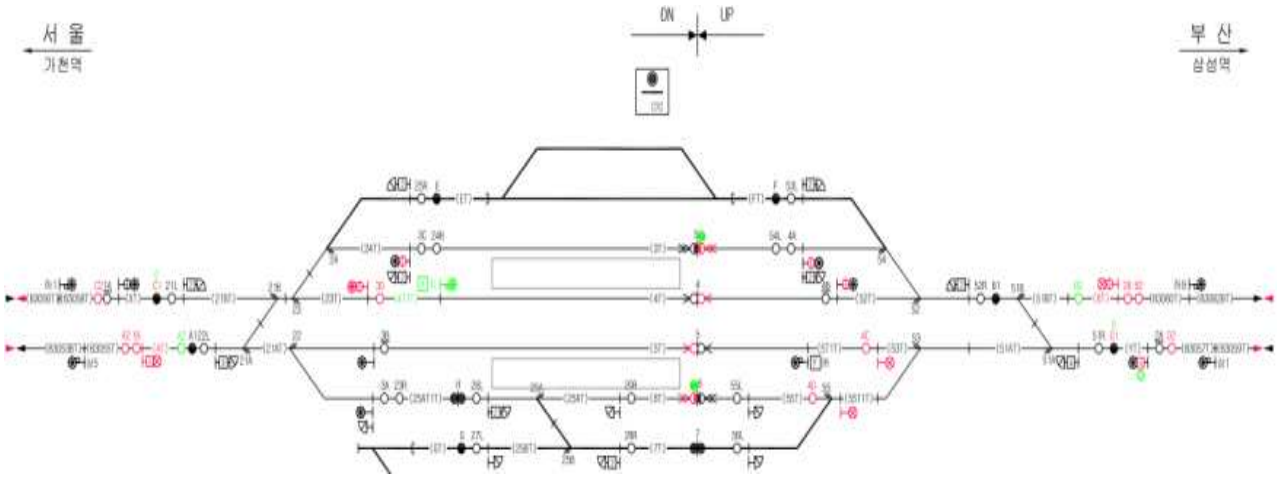
용산역의 메시지 전송량의 산출 결과 아래와 같이 576 byte의 데이터 크기가 계산되었고 최종 메시지 크기는 587 byte로 계산되었다.

[표 3-24] 용산역 메시지 전송량 산출 결과

STX	Data Length	Sequence No.	Station No.	Message Type	Data	CRC	ETX	합계
1 byte	2 byte	1 byte	1 byte	1 byte	576 byte	4 byte	1 byte	587byte

구분	내용	Data
상태정보	운용모드	1 byte
	전원장치	1 byte
	전자연동장치	1 byte
	선로전환기	47 byte
	주 신호기 (장내 및 출발)	36 byte
	구내자동폐색신호기	17 byte
	폐색신호기	23 byte
	입환신호기 (입환표지 포함)	41 byte
	진로	200 byte
	구내궤도	112 byte
	폐색궤도	35 byte
	블랙채널(열차번호)	53 byte
	건널목	4 byte
	폐색방향	4 byte
	신호기일괄정지	1 byte
	지장물검지장치	0 byte

일반역 메시지 전송량은 다음 그림과 같이 경산역 연동도표 상의 상태정보 요소들을 고려하여 산출하였다.



[그림 3-64] 경산역 연동도표 일부

경산역의 메시지 전송량의 산출 결과 아래와 같이 175 byte의 데이터 크기가 계산되었고 최종 메시지 크기는 186 byte로 계산되었다.

[표 3-25] 경산역 메시지 전송량 산출 결과

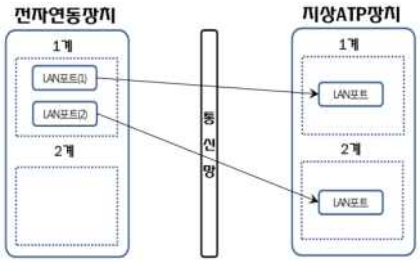
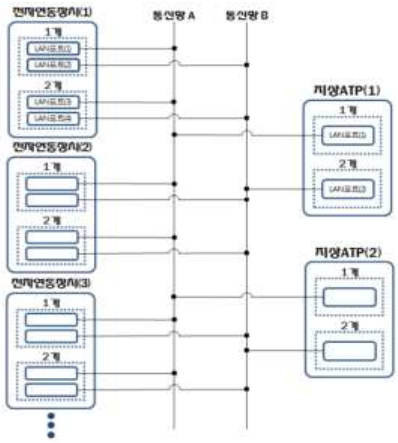
STX	Data Length	Sequence No.	Station No.	Message Type	Data	CRC	ETX	합계
1 byte	2 byte	1 byte	1 byte	1 byte	175 byte	4 byte	1 byte	186 byte

순서	상태정보	Data
상태정보	운용모드	1 byte
	전원장치	1 byte
	전자연동장치	1 byte
	선로전환기	10 byte
	주 신호기 (장내 및 출발)	12 byte
	구내자동폐색신호기	1 byte
	폐색신호기	17 byte
	입환신호기 (입환표지 포함)	15 byte
	진로	52 byte
	구내궤도	26 byte
	폐색궤도	16 byte
	블랙채널(열차번호)	15 byte
	건널목	0 byte
	폐색방향	8 byte
	신호기일괄정지	0 byte
	지장물검지장치	0 byte

5) 현장시험 등을 반영한 인터페이스 개발사양(안) 기준 보완 내용

EIS-RBC 인터페이스 개발 사양은 현장시험 준비, RBC 및 EIS 제작사의 의견수렴, 운영기관 의견수렴 등을 반영하여 [표 3-26]과 같이 개정하였다.

[표 3-26] EIS-RBC 인터페이스 개발사양(안) 주요 기준 보완 내용

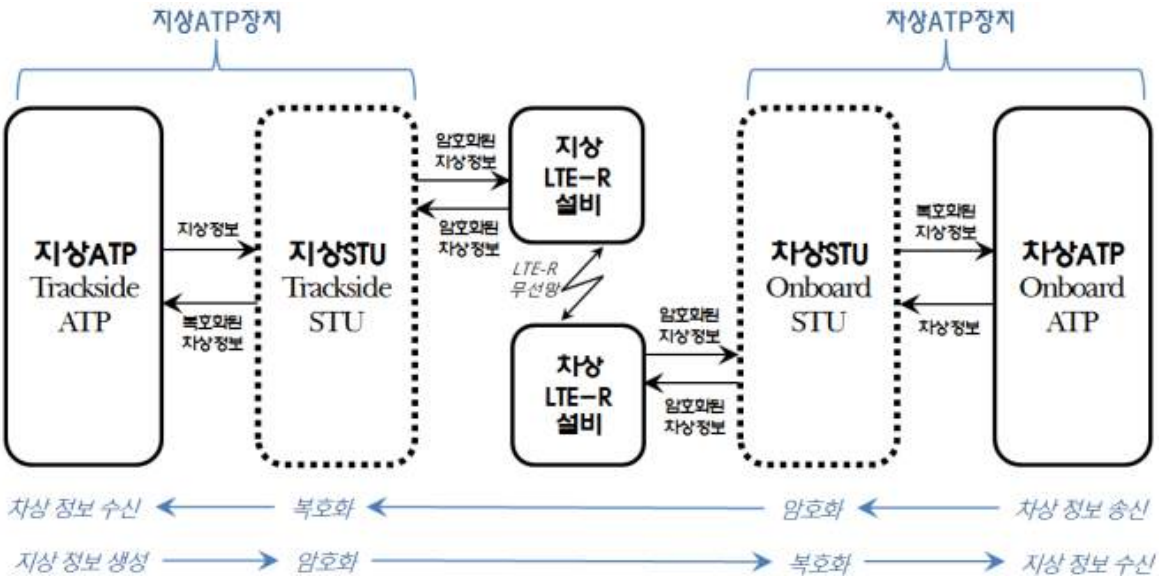
장/절	변경 전	변경 후	사유
3.1	전자연동장치의 1계의 LAN포트(1)은 지상RBC장치의 1계 LAN포트와 연결되고, 전자연동장치의 1계의 LAN포트(2)는 지상RBC장치의 2계 LAN포트와 연결된다.	전자연동장치의 1계 LAN포트(1) 및 2계 LAN포트(3)은 통신망 A를 통해 지상RBC장치 1계의 LAN포트(1)과 연계되고 전자연동장치의 1계 LAN포트(2) 및 2계 LAN포트(4)는 통신망 B를 통해 지상RBC장치 1계의 LAN포트(2)와 연계된다.	RBC와 EIS 간 2중계 인터페이스에 대한 명시
3.1			RBC와 EIS 간 2중계 인터페이스에 대한 명시
3.1	내용 없음	전자연동장치의 1계 고장 시, 2계로 자동 절체되어 지상RBC장치 2계로 필요 정보를 전송한다.	2중계 계 절체 절차 수립
3.3	내용 없음	다수의 전자연동장치 정보를 수용해야 하는 지상RBC장치의 성능을 보장하기 위해서 별도의 인터페이스장치를 사용할 수 있다.	기존 전자연동장치 개수 불가에 따른 대안 제시
4.3	[표 3] 메시지 프레임 구조 STX | Data Length | Sequence No. | Message Type | Data | CRC | ETX 1 byte | 2 byte | 1 byte | 1 byte | N byte | 2 byte | 1 byte	[표 3] 메시지 프레임 구조 STX | Data Length | Sequence No. | Station No. | Message Type | Data | CRC | ETX 1 byte | 2 byte | 1 byte | 1 byte | 1 byte | N byte | 2 byte | 1 byte	메시지에 역번호 관련 변수 추가
4.3	6) Data STX | Data Length | Sequence No. | Station No. | Message Type | Data | CRC | ETX 1 byte | 2 byte | 1 byte | 1 byte | 1 byte | N byte | 2 byte | 1 byte - 내용 : 실제 전송할 데이터를 의미하며 'Data' 필드의 길이는 전송정보에 따라 가변된다. - 데이터 구조는 다음과 같다. - Data[0][1] : 시작 Element ID(2 바이트) - Data[2][3] : 마지막 Element ID(2 바이트) - Data[4] : 상태정보(1 바이트) ..... - Data[n] : 상태정보(1 바이트)	6) Data STX | Data Length | Sequence No. | Station No. | Message Type | Data | CRC | ETX 1 byte | 2 byte | 1 byte | 1 byte | 1 byte | N byte | 2 byte | 1 byte - 내용 : 실제 전송할 데이터를 의미하며 'Data' 필드의 길이는 전송정보에 따라 가변된다. - 데이터 구조는 다음과 같다. - Data[0] : 상태정보(1 바이트) - Data[1] : 상태정보(1 바이트) ..... - Data[n] : 상태정보(1 바이트)	데이터 필드 구조 보완

<table>
<tr><th>장/절</th><th>변경 전</th><th>변경 후</th><th>사유</th></tr>
<tr><td>4.7</td><td>현장 정보에 의한 운용 모드 전환 표시
<table><tr><th>BIT0</th><th>BIT1</th><th>BIT2</th><th>BIT3</th><th>LOCAL</th><th>CCM/AUTO</th></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>ON</td><td>OFF</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>ON</td><td>FLASHING</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>OFF</td><td>ON</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>FLASHING</td><td>ON</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>OFF</td><td>OFF</td></tr></table></td><td>현장 정보에 의한 운용 모드 전환 표시
<table><tr><th>BIT0</th><th>BIT1</th><th>BIT2</th><th>BIT3</th><th>LOCAL</th></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>ON</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>ON</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>OFF</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>FLASHING</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>OFF</td></tr></table></td><td>불필요/미사용 프로토콜 보완</td></tr>
<tr><td>4.7</td><td>장내 및 출발신호기의 표시정보 비트구성
<table><tr><th>비트</th><th>이름</th><th>설 명</th></tr><tr><td>0</td><td>SG</td><td>1 : 진행신호 현시, 0 : 정지신호 현시</td></tr><tr><td>1</td><td>SF</td><td>1 : 신호기 고장, 0 : 신호기 정상</td></tr><tr><td>2</td><td>-</td><td>CU</td></tr><tr><td>3</td><td>TTB</td><td>1 : TTB ON, 0 : TTB OFF(TTCB)</td></tr><tr><td>4</td><td>AL</td><td>1 : 접근쇄정 ON, 0 : 접근쇄정 해정</td></tr><tr><td>5</td><td>CG</td><td>1 : 유도신호기 ON, 0 : 유도신호기 OFF</td></tr><tr><td>6</td><td>-</td><td>CU</td></tr><tr><td>7</td><td>-</td><td>CU</td></tr></table></td><td>장내 및 출발신호기의 표시정보 비트구성
<table><tr><th>비트</th><th>이름</th><th>설 명</th></tr><tr><td>0</td><td>SG</td><td>1 : 진행신호 현시, 0 : 정지신호 현시</td></tr><tr><td>1</td><td>SF</td><td>1 : 신호기 고장, 0 : 신호기 정상</td></tr><tr><td>2</td><td>-</td><td>CU</td></tr><tr><td>3</td><td>TTB</td><td>1 : TTB ON, 0 : TTB OFF(TTCB)</td></tr><tr><td>4</td><td>AL</td><td>1 : 접근쇄정 ON, 0 : 접근쇄정 해정</td></tr><tr><td>5</td><td>CG</td><td>1 : 유도신호기 ON, 0 : 유도신호기 OFF</td></tr><tr><td>6</td><td>PK</td><td>1 : 신호 취급시, 0 : 신호 미취급시</td></tr><tr><td>7</td><td>-</td><td>CU</td></tr></table></td><td>최신 CTC 인터페이스 프로토콜 사양 반영</td></tr>
<tr><td>5.1</td><td>1대의 지상RBC장치는 N대의 전자연동장치에서 송신되는 모든 메시지를 수용하고 이를 처리해야 한다.</td><td>이때, 1대의 지상RBC장치는 N대의 전자연동장치에서 수신되는 모든 메시지에서 다음 그림과 같은 RBC 운용에 필요한 필수정보 및 참고정보를 수용하고 이를 구분하여 처리해야 한다.</td><td>지상RBC장치의 전자연동장치 송신 데이터 활용 범위 명시</td></tr>
<tr><td>5.1</td><td><table><tr><th>STX</th><th>Data Length</th><th>Sequence No.</th><th>Station No.</th><th>Message Type</th><th>Data</th><th>CRC</th><th>ETX</th></tr><tr><td>1 byte</td><td>2 byte</td><td>1 byte</td><td>1 byte</td><td>1 byte</td><td>N byte</td><td>2 byte</td><td>1 byte</td></tr></table><table><tr><th>구분</th><th>이름</th><th>Data</th><th>RBC 필수정보</th><th>RBC 참고정보</th></tr><tr><td>Element ID</td><td>시작 Element ID</td><td>2 byte</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td></td><td>마지막 Element ID</td><td>2 byte</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td rowspan="16">상태정보</td><td>운용모드</td><td>1 byte</td><td></td><td>√</td></tr><tr><td>전원장치</td><td>1 byte</td><td></td><td>√</td></tr><tr><td>전자연동장치</td><td>1 byte</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>선로전환기</td><td>n byte</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>주 신호기(장내 및 출발)</td><td>n byte</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>구내자동폐색신호기</td><td>n byte</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>폐색신호기</td><td>n byte</td><td></td><td>√</td></tr><tr><td>입환신호기(입환표지 포함)</td><td>n byte</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>진로</td><td>n byte</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>구내궤도</td><td>n byte</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>폐색궤도</td><td>n byte</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>블랙채널(열차번호)</td><td>n byte</td><td></td><td>√</td></tr><tr><td>건널목</td><td>n byte</td><td></td><td>√</td></tr><tr><td>폐색방향</td><td>n byte</td><td></td><td>√</td></tr><tr><td>신호기일괄정지</td><td>1 byte</td><td></td><td>√</td></tr><tr><td>지장물검지장치</td><td>n byte</td><td></td><td>√</td></tr></table></td><td><table><tr><th>STX</th><th>Data Length</th><th>Sequence No.</th><th>Station No.</th><th>Message Type</th><th>Data</th><th>CRC</th><th>ETX</th></tr><tr><td>1 byte</td><td>2 byte</td><td>1 byte</td><td>1 byte</td><td>1 byte</td><td>N byte</td><td>2 byte</td><td>1 byte</td></tr></table><table><tr><th>구분</th><th>이름</th><th>Data</th><th>RBC 필수정보</th><th>RBC 참고정보</th></tr><tr><td rowspan="16">상태정보</td><td>운용모드</td><td>1 byte</td><td></td><td>√</td></tr><tr><td>전원장치</td><td>1 byte</td><td></td><td>√</td></tr><tr><td>전자연동장치</td><td>1 byte</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>선로전환기</td><td>n byte</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>주 신호기(장내 및 출발)</td><td>n byte</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>구내자동폐색신호기</td><td>n byte</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>폐색신호기</td><td>n byte</td><td></td><td>√</td></tr><tr><td>입환신호기(입환표지 포함)</td><td>n byte</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>진로</td><td>n byte</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>구내궤도</td><td>n byte</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>폐색궤도</td><td>n byte</td><td>○</td><td></td></tr><tr><td>블랙채널(열차번호)</td><td>n byte</td><td></td><td>√</td></tr><tr><td>건널목</td><td>n byte</td><td></td><td>√</td></tr><tr><td>폐색방향</td><td>n byte</td><td></td><td>√</td></tr><tr><td>신호기일괄정지</td><td>1 byte</td><td></td><td>√</td></tr><tr><td>지장물검지장치</td><td>n byte</td><td></td><td>√</td></tr></table></td><td>RBC 이동권한 생성에 불필요한 정보는 참고정보로 분류</td></tr>
</table>

마. KVC-RBC 간 인터페이스 개발사양 정의 및 보완

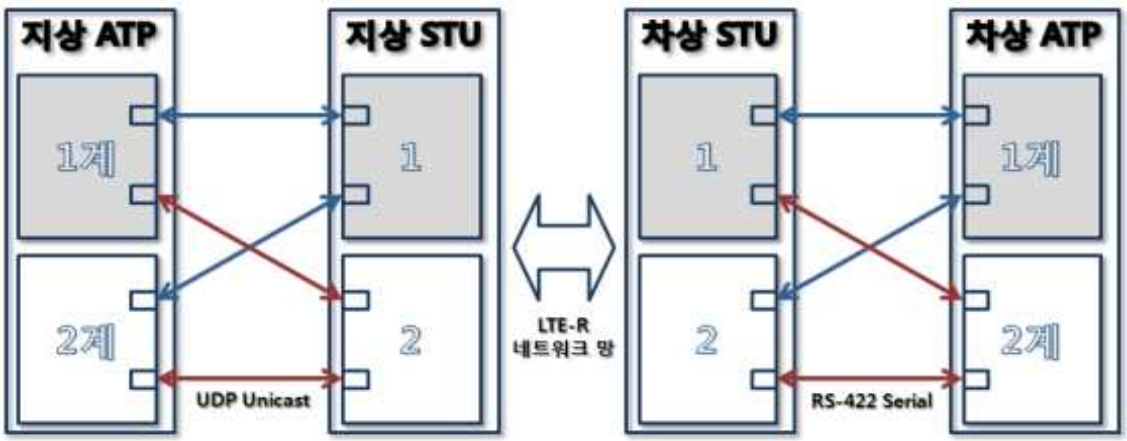
1) 시스템 개요 및 인터페이스 구성

안전전송유닛은 지상STU와 차상STU로 구분되며 각 장비는 ATP장치에 수용되고 LTE-R 무선망을 통하여 지상 및 차상의 정보를 암·복호화 하여 지상 또는 차상장치에 전송하는 기능을 수행한다. KVC와 지상RBC간 시스템 동작 구성도는 [그림 3-65]과 같다.



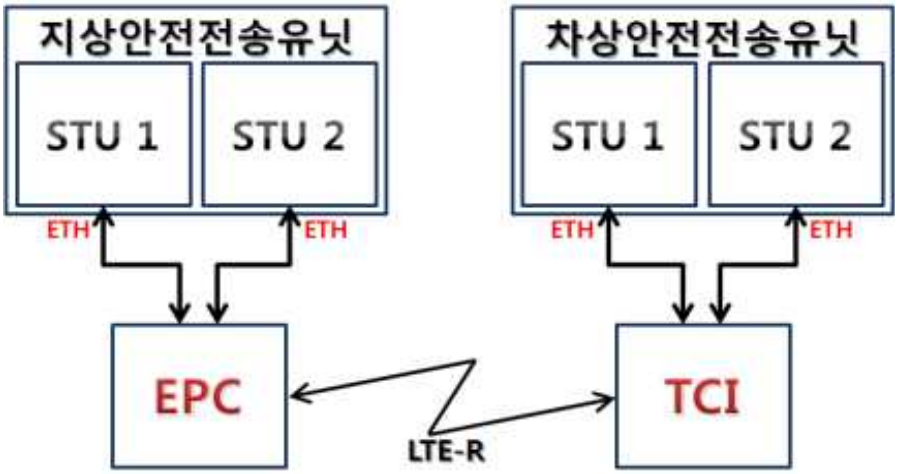
[그림 3-65] 시스템 동작 구성도

지상RBC장치는 지상안전전송유닛과 UDP 유니캐스트 방식으로 인터페이스하며 KVC장치는 차상안전전송유닛과 RS422 Serial 방식으로 인터페이스 한다. 지상안전전송유닛은 차상안전전송장비로부터 전송받은 메시지를 지상RBC장치의 1계와 2계 장비에게 전송하며 차상안전전송유닛은 지상안전전송장비로부터 전송받은 메시지를 KVC장치의 1계와 2계 장비에게 전송한다. 지상 및 차상안전전송유닛은 별도의 무선 인터페이스장치를 사용하여 LTE-R 네트워크망에 접속하며 지상RBC장치 또는 KVC장치가 지정한 안전전송유닛과 인터페이스 한다. [그림 3-66]을 지상RBC ↔ 지상STU ↔ 차상STU ↔ KVC 인터페이스 구성도 이다.



[그림 3-66] 지상RBC장치 및 KVC장치 간 인터페이스 구성도

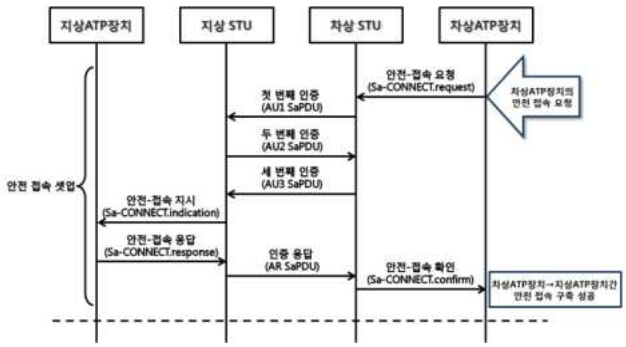
지상안전전송유닛과 차상안전전송유닛은 LTE-R 무선 통신 방식으로 연계되며 KVC장치로부터 수신한 안전-접속 요청(Sa-CONNECT.request) 메시지에 포함된 “수신 ETCS ID”를 통해 연산된 IP 정보를 사용하여 안전전송유닛 간 통신이 연결된다. 지상안전전송유닛과 차상안전전송유닛 간의 LTE-R 통신망 자원을 사용하기 위해 별도의 LTE-R 장비를 통한다. 안전전송유닛 각 장치는 LTE-R 장비로부터 할당받은 IP를 사용한다. 안전전송유닛과 LTE-R 장비 간 물리적 인터페이스 구성은 [그림 3-67]와 같다.



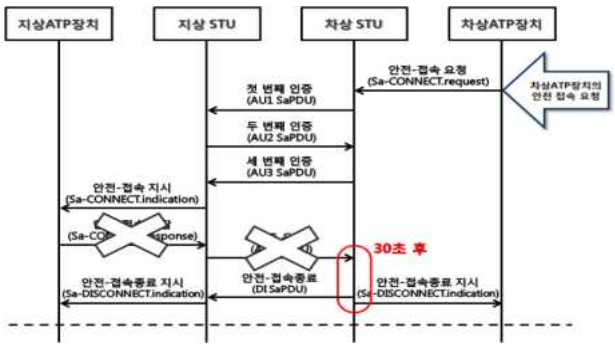
[그림 3-67] STU와 LTE-R 장비의 인터페이스 구성도

2) 통신 절차

지상RBC장치와 KVC장치 간 정보의 송·수신에 앞서 차상안전전송유닛에 의해 ETCS SUBSET-037 사양에서 제시하는 요구사항에 따라 안전-접속(Safety-Connection)의 절차가 수행된다. KVC장치가 지상RBC장치와 안전-접속 절차를 진행하는 도중에 차상안전전송유닛으로 요청되는 모든 안전-접속 시도는 받아들여지지 않는다. KVC장치가 안전-접속을 요청하는 메시지 흐름은 [그림 3-68] 및 [그림 3-69]와 같다.

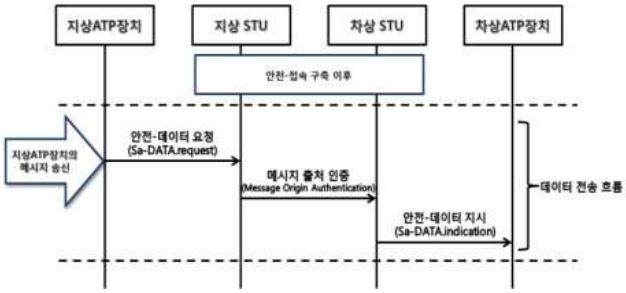


[그림 3-68] KVC장치에서 안전-접속을 요청하는 경우의 메시지 흐름도

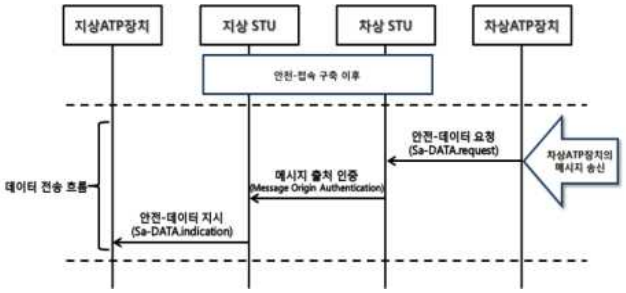


[그림 3-69] 지상에서 안전-접속 응답이 발생하지 않은 경우 메시지 흐름도

KVC장치에서 지상RBC장치 간 안전-접속 성공 이후에는 지상RBC장치와 KVC장치 간 데이터 전송이 수행된다. 안전-접속 성공 이후 지상RBC장치에서 KVC장치로의 메시지 흐름은 [그림 3-70] 및 [그림 3-71]과 같고 지상RBC장치에서 KVC장치 또는 KVC장치에서 지상RBC장치의 데이터 메시지 전송 절차는 동일하다.

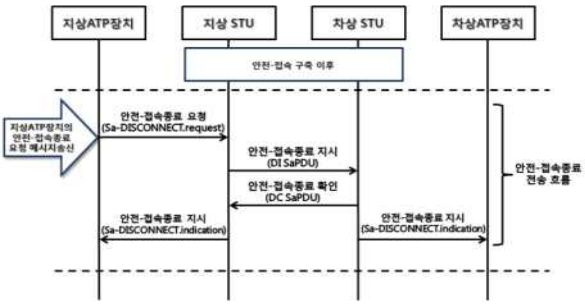


[그림 3-70] 데이터 전송을 위한 메시지 흐름도(지상→차상)

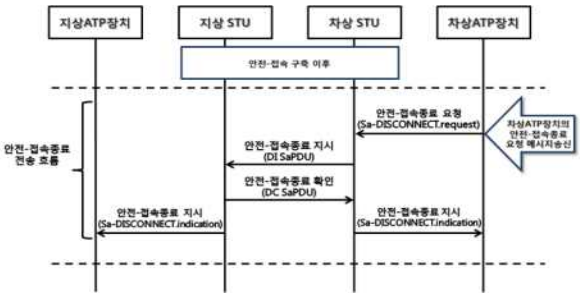


[그림 3-71] 데이터 전송을 위한 메시지 흐름도(차상→지상)

지상RBC장치와 KVC장치 간 안전-접속(Sa-DISCONNECT)을 종료하는 절차는 [그림 3-72], [그림 3-73]과 같다.



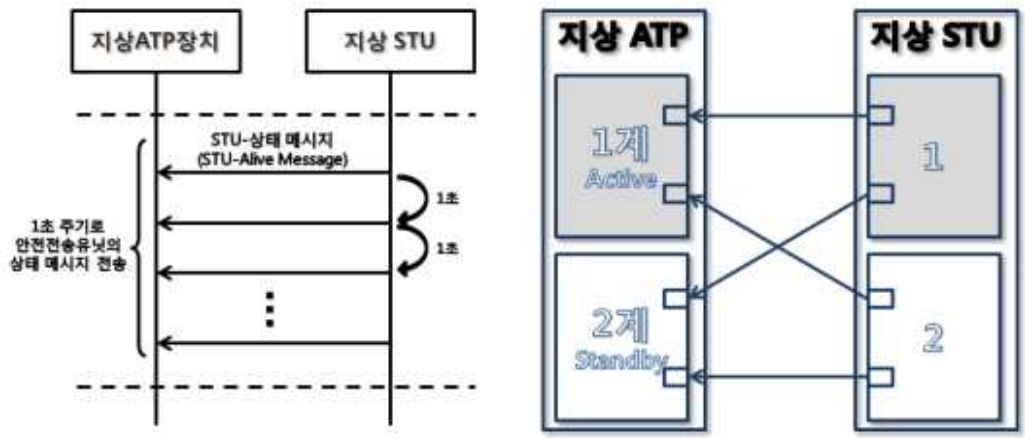
[그림 3-72] 안전 접속종료 메시지 흐름도(지상→차상)



[그림 3-73] 안전 접속종료 메시지 흐름도(차상→지상)

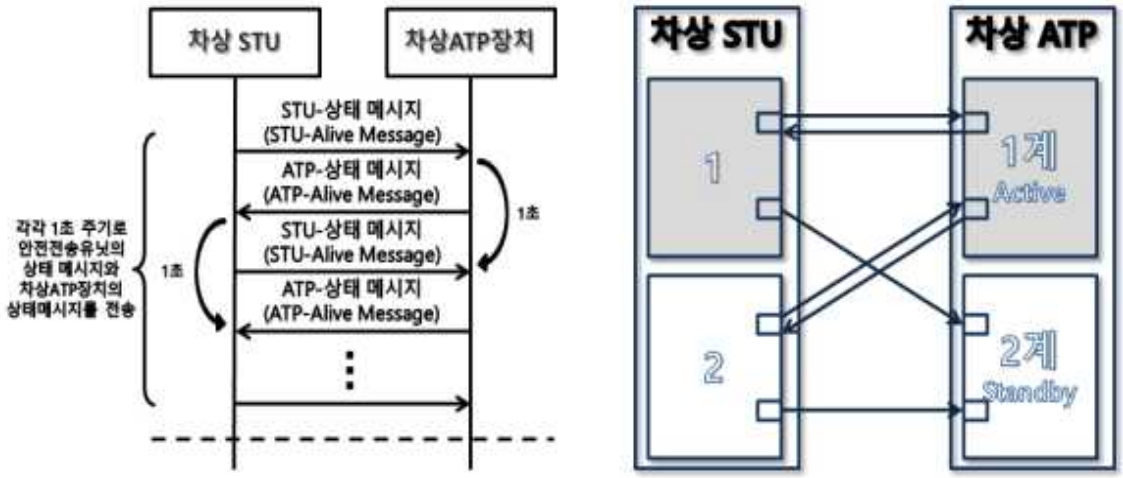
지상RBC장치 및 KVC장치가 안전전송유닛으로 안전-접속종료 요청 메시지(Sa-DISCONNECT. request)를 전송하면 각 안전전송유닛은 안전전송유닛 간 안전-접속종료 지시(DI SaPDU) 및 안전-접속종료 확인(DC SaPDU) 절차 이후에 지상 및 KVC장치로 안전-접속종료 지시 메시지(Sa-DISCONNECT.indication)를 전송한다.

지상-차상 간 구축된 통신 세션에 대한 감시를 위해 지상RBC장치와 지상안전전송유닛 간 통신, 지상안전전송유닛과 차상안전전송유닛 간 통신, 차상안전전송유닛과 KVC장치 간 통신에 대해 주기적인 감시가 필요하다.



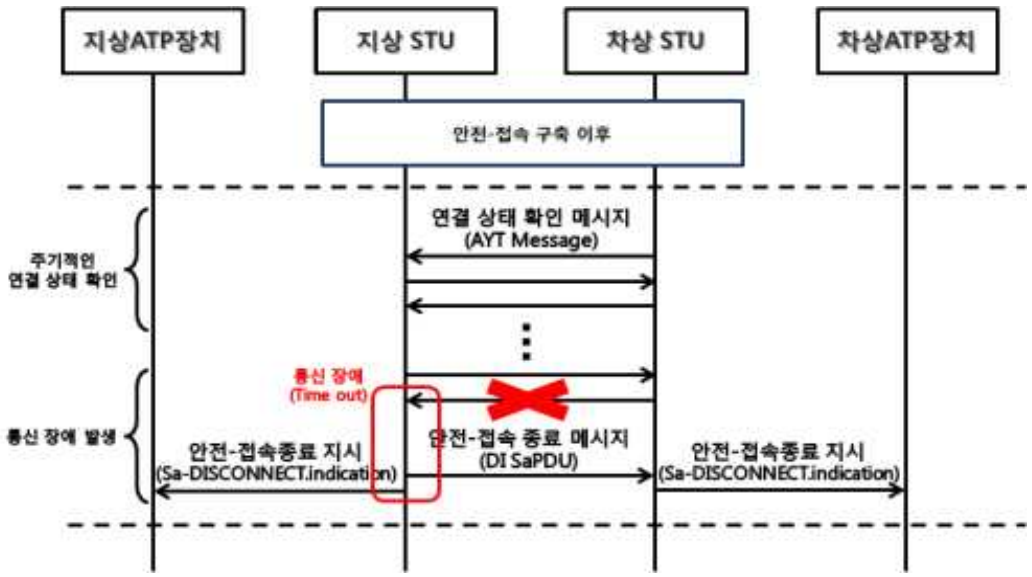
[그림 3-74] 지상안전전송유닛의 상태메시지 전송 예시

지상안전전송유닛은 1초의 주기를 사용하여 지상RBC장치에게 STU-상태 메시지(STU-Alive Message)를 전송하며, 지상RBC장치는 지상안전전송유닛의 상태를 확인한다. 지상안전전송유닛은 지상RBC장치의 각 UDP포트로 상태 메시지를 전송한다.



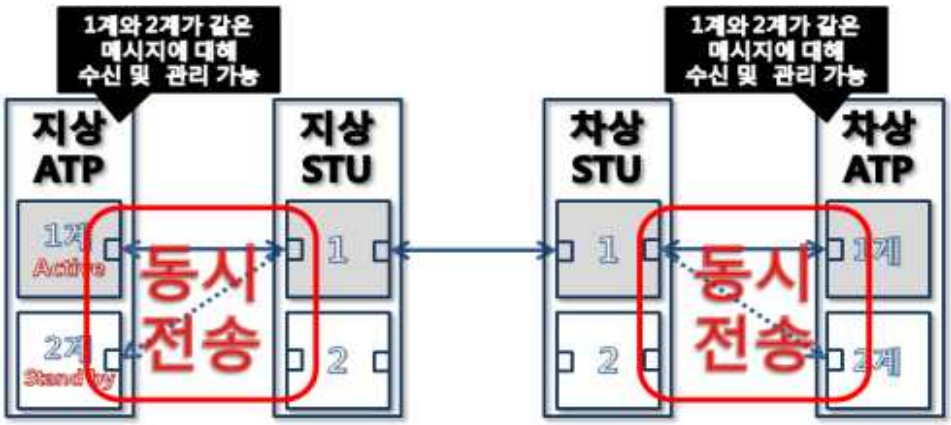
[그림 3-75] 차상안전전송유닛의 상태 메시지 전송 예시

차상안전전송유닛은 1초의 주기를 사용하여 KVC장치에게 STU-상태메시지(STU-Alive Message)를 전송하며, KVC장치는 차상안전전송유닛의 상태를 확인한다. KVC장치는 1초의 주기를 사용하여 차상안전전송유닛에게 ATP-상태메시지(ATP-Alive Message)를 전송하며, 차상안전전송유닛는 KVC장치의 상태를 확인한다. 차상안전전송유닛은 각 시리얼포트를 사용하여 STU-상태메시지(STU-Alive Message)를 전송한다. KVC장치는 주계(Active)만 각 시리얼포트를 사용하여 ATP-상태메시지(ATP-Alive Message)를 전송한다. 차상안전전송유닛은 KVC장치에게 ATP-상태메시지(ATP-Alive Message)를 3초 이상 수신 받지 못한 경우 통신 장애로 간주하며 지상과의 모든 통신세션을 종료하여야 한다.



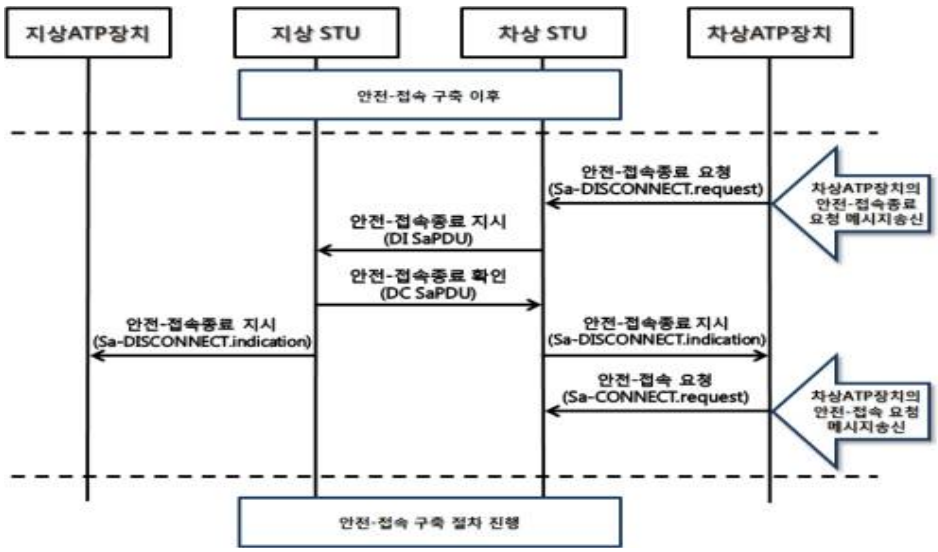
[그림 3-76] 안전전송유닛의 통신장애 감시 예시

지상안전전송유닛과 차상안전전송유닛 간 통신세션이 구축된 후 안전전송유닛 간 일정한 주기를 사용하여 연결 상태 확인 메시지를 송수신을 하므로 통신장애를 감시하여야 하며 3초간 연결 상태 확인 메시지(AYT Message)를 수신 받지 못한 경우 해당 통신세션을 종료하여야 한다.



[그림 3-77] 수신된 메시지를 통해 통신세션정보를 STU1과 STU2가 동시에 관리

통신세션이 구축된 상태에서 ATP장치의 계 절체 후 통신세션의 유지와 데이터 관리를 위해 안전전송유닛과 인터뷰한 메시지를 ATP장치 1계와 2계가 동시에 관리한다. 각 안전전송유닛 장치는 ATP장치의 1계와 2계로 인터페이스 하는 각 포트에 같은 메시지를 송신한다. ATP장치의 계 절체 후 구축된 통신세션을 유지할 경우 통신세션을 사용할 수 있다.



[그림 3-78] 동일한 RBC로의 안전-접속 통신세션 구축

KVC장치와 지상RBC장치 간 통신세션이 구축된 상태에서 기존의 통신세션을 종료하고 KVC장치가 동일한 지상RBC장치로 통신세션을 구축하는 경우의 절차는 [그림 3-78]과 같다. KVC장치가 안전-접속종료 요청을 전송한 이후 안전-접속종료 지시를 수신 받거나 3회 동안 안전-접속종료 지시 메시지를 수신 받지 못하여 통신세션 종료가 확정된 이후 동일한 지상RBC장치에 안전-접속 요청 메시지를 전송하여야 한다.

3) 상세 메시지 정의

지상-차상 간 전송되는 안전전송유닛의 메시지는 안전-접속요청, 안전-접속지시, 안전-접속확인, 데이터전송, 안전-접속종료, STU-상태메시지, KVC-상태메시지가 있으며 상세 메시지 정의는 [표 3-27]과 같다.

[표 3-27] 안전전송유닛 상세 메시지 정의

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="2">내용</th></tr>
<tr><td rowspan="3">안전-접속 요청
(Sa-CONNECT.
request)</td><td>구조
(지상)</td><td>
<table>
<tr><td>내용</td><td>STX</td><td>Length</td><td>Opcode</td><td>ETCS ID type</td><td>ETCS ID</td><td>ETCS ID type</td><td>ETCS ID</td><td>Application type</td><td>CRC32</td><td>ETX</td></tr>
<tr><td>byte</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>4</td><td>1</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>구조
(차상)</td><td>
<table>
<tr><td>내용</td><td>STX</td><td>Length</td><td>Sequence</td><td>Opcode</td><td>ETCS ID type</td><td>ETCS ID</td><td>ETCS ID type</td><td>ETCS ID</td><td>Application type</td><td>CRC32</td><td>ETX</td></tr>
<tr><td>byte</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>4</td><td>1</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>변수
크기 및
내용</td><td>
<table>
<tr><th>No</th><th>정보메시지</th><th>크기(byte)</th><th>내용</th></tr>
<tr><td>1</td><td>STX</td><td>01</td><td>·메시지 시작 위치
·0x02 값으로 고정</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Length</td><td>02</td><td>·메시지 전문의 길이
·Big-Endian</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Sequence</td><td>01</td><td>·차상 Serial 통신용
·0x01부터 0xFF까지 1씩 증가</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Opcode</td><td>01</td><td>·교환되는 메시지의 형식을 나타내는 코드 (4.7절 참조)
- High Bit : Request(0), Confirm(1), Indication(2), Response(3)
- Low Bit : Connect(0), Data(1), Disconnect(2)</td></tr>
<tr><td>5</td><td>ETCS ID type</td><td>01</td><td>·수신 ETCS 장치 종류</td></tr>
<tr><td>6</td><td>ETCS ID</td><td>03</td><td>·수신 ETCS ID</td></tr>
<tr><td>7</td><td>ETCS ID type</td><td>01</td><td>·송신 ETCS 장치 종류</td></tr>
<tr><td>8</td><td>ETCS ID</td><td>03</td><td>·송신 ETCS ID</td></tr>
<tr><td>9</td><td>Application type</td><td>01</td><td>·어플리케이션 ID</td></tr>
<tr><td>10</td><td>CRC32</td><td>04</td><td>·메시지의 손실 여부를 파악하기 위한 CRC 정보
·STX에서 CRC32 앞까지 값을 계산</td></tr>
<tr><td>11</td><td>ETX</td><td>01</td><td>·메시지 종료 위치
·0x03 값으로 고정</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">안전-접속 지시
(Sa-CONNECT.i
ndication)</td><td>구조
(지상)</td><td>
<table>
<tr><td>내용</td><td>STX</td><td>Length</td><td>Opcode</td><td>SaCEPID</td><td>ETCS ID type</td><td>ETCS ID</td><td>ETCS ID type</td><td>ETCS ID</td><td>Application type</td><td>CRC32</td><td>ETX</td></tr>
<tr><td>byte</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>4</td><td>1</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>구조
(차상)</td><td>
<table>
<tr><td>내용</td><td>STX</td><td>Length</td><td>Sequence</td><td>Opcode</td><td>SaCEPID</td><td>ETCS ID type</td><td>ETCS ID</td><td>ETCS ID type</td><td>ETCS ID</td><td>Application type</td><td>CRC32</td><td>ETX</td></tr>
<tr><td>byte</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>4</td><td>1</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>변수
크기 및
내용</td><td>
<table>
<tr><th>No</th><th>정보메시지</th><th>크기(byte)</th><th>내용</th></tr>
<tr><td>1</td><td>STX</td><td>01</td><td>·메시지 시작 위치
·0x02 값으로 고정</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Length</td><td>02</td><td>·메시지 전문의 길이
·Big-Endian</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Sequence</td><td>01</td><td>·차상 Serial 통신용
·0x01부터 0xFF까지 1씩 증가</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Opcode</td><td>01</td><td>·교환되는 메시지의 형식을 나타내는 코드 (4.7절 참조)
- High Bit : Request(0), Confirm(1), Indication(2), Response(3)
- Low Bit : Connect(0), Data(1), Disconnect(2)</td></tr>
<tr><td>5</td><td>SaCEPID</td><td>03</td><td>·STU에서 할당된 세션 ID</td></tr>
<tr><td>6</td><td>ETCS ID type</td><td>01</td><td>·수신 ETCS 장치 종류</td></tr>
<tr><td>7</td><td>ETCS ID</td><td>03</td><td>·수신 ETCS ID</td></tr>
<tr><td>8</td><td>ETCS ID type</td><td>01</td><td>·송신 ETCS 장치 종류</td></tr>
<tr><td>9</td><td>ETCS ID</td><td>03</td><td>·송신 ETCS ID</td></tr>
<tr><td>10</td><td>Application type</td><td>01</td><td>·Application Type 정보 참조</td></tr>
<tr><td>11</td><td>CRC32</td><td>04</td><td>·메시지의 손실 여부를 파악하기 위한 CRC 정보
·STX에서 CRC32 앞까지 값을 계산</td></tr>
<tr><td>12</td><td>ETX</td><td>01</td><td>·메시지 종료 위치
·0x03 값으로 고정</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

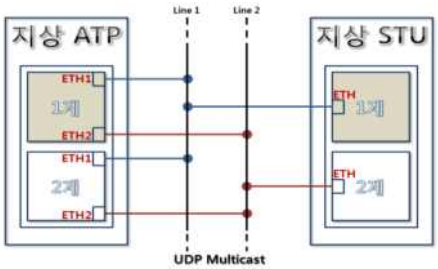
<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="2">내용</th></tr>
<tr><td rowspan="3">안전-접속 확인
(Sa-CONNECT.
confirm)</td><td>구조
(지상)</td><td>
<table>
<tr><td>내용</td><td>STX</td><td>Length</td><td>Opcode</td><td>SaCEPID</td><td>ETCS ID type</td><td>ETCS ID</td><td>CRC32</td><td>ETX</td></tr>
<tr><td>byte</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>3</td><td>4</td><td>1</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>구조
(차상)</td><td>
<table>
<tr><td>내용</td><td>STX</td><td>Length</td><td>Sequence</td><td>Opcode</td><td>SaCEPID</td><td>ETCS ID type</td><td>ETCS ID</td><td>CRC32</td><td>ETX</td></tr>
<tr><td>byte</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>3</td><td>4</td><td>1</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>변수
크기 및
내용</td><td>
<table>
<tr><th>No</th><th>정보메시지</th><th>크기(byte)</th><th>내용</th></tr>
<tr><td>1</td><td>STX</td><td>01</td><td>-메시지 시작 위치
-0x02 값으로 고정</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Length</td><td>02</td><td>-메시지 전문의 길이
-Big-Endian</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Sequence</td><td>01</td><td>-차상 Serial 통신용
-0x01부터 0xFF까지 1씩 증가</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Opcode</td><td>01</td><td>-교환되는 메시지의 형식을 나타내는 코드 (4.7절 참조)
- High Bit : Request(0), Confirm(1), Indication(2), Response(3)
- Low Bit : Connect(0), Data(1), Disconnect(2)</td></tr>
<tr><td>5</td><td>SaCEPID</td><td>03</td><td>-STU에서 할당된 세션 ID</td></tr>
<tr><td>6</td><td>ETCS ID type</td><td>01</td><td>-송신 ETCS 장치 Type</td></tr>
<tr><td>7</td><td>ETCS ID</td><td>03</td><td>-송신 ETCS ID</td></tr>
<tr><td>8</td><td>CRC32</td><td>04</td><td>-메시지의 손실 여부를 파악하기 위한 CRC 정보
-STX에서 CRC32 앞까지 값을 계산</td></tr>
<tr><td>9</td><td>ETX</td><td>01</td><td>-메시지 종료 위치
-0x03 값으로 고정</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">데이터 전송
(Sa-DATA.requ
est/Sa-DATA.in
dication)</td><td>구조
(지상)</td><td>
<table>
<tr><td>내용</td><td>STX</td><td>Length</td><td>Opcode</td><td>SaCEPID</td><td>열차제어 데이터</td><td>CRC32</td><td>ETX</td></tr>
<tr><td>byte</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>3</td><td>n</td><td>4</td><td>1</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>구조
(차상)</td><td>
<table>
<tr><td>내용</td><td>STX</td><td>Length</td><td>Sequence</td><td>Opcode</td><td>SaCEPID</td><td>열차제어 데이터</td><td>CRC32</td><td>ETX</td></tr>
<tr><td>byte</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td><td>n</td><td>4</td><td>1</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>변수
크기 및
내용</td><td>
<table>
<tr><th>No</th><th>정보메시지</th><th>크기(byte)</th><th>내용</th></tr>
<tr><td>1</td><td>STX</td><td>01</td><td>-메시지 시작 위치
-0x02 값으로 고정</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Length</td><td>02</td><td>-메시지 전문의 길이
-추천메시지 길이 : 113 octet
-최대메시지 길이 : 1023 octet
-Big-Endian</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Sequence</td><td>01</td><td>-차상 Serial 통신용
-0x01부터 0xFF까지 1씩 증가</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Opcode</td><td>01</td><td>-교환되는 메시지의 형식을 나타내는 코드 (4.7절 참조)
- High Bit : Request(0), Confirm(1), Indication(2), Response(3)
- Low Bit : Connect(0), Data(1), Disconnect(2)</td></tr>
<tr><td>5</td><td>SaCEPID</td><td>03</td><td>-STU에서 할당된 세션 ID</td></tr>
<tr><td>6</td><td>열차 제어 메시지</td><td>N</td><td>-열차를 제어하기 위한 데이터 (Subset-026 8장 참조)</td></tr>
<tr><td>7</td><td>CRC32</td><td>04</td><td>-메시지의 손실 여부를 파악하기 위한 CRC 정보
-STX에서 CRC32 앞까지 값을 계산</td></tr>
<tr><td>8</td><td>ETX</td><td>01</td><td>-메시지 종료 위치
-0x03 값으로 고정</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

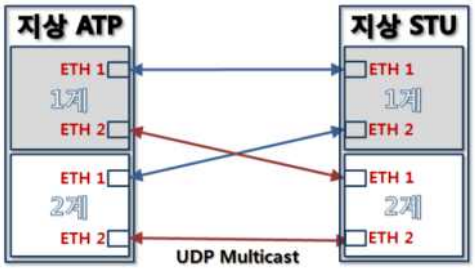
<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="2">내용</th></tr>
<tr><td rowspan="3">안전-접속종료
(Sa-DISCONNECT.request/Sa-DISCONNECT.indication)</td><td>구조
(지상)</td><td>
<table>
<tr><td>내용</td><td>STX</td><td>Length</td><td>Opcode</td><td>SaCEPID</td><td>Disconnect reason</td><td>Disconnect sub-reason</td><td>CRC32</td><td>ETX</td></tr>
<tr><td>byte</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>1</td><td>4</td><td>1</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>구조
(차상)</td><td>
<table>
<tr><td>내용</td><td>STX</td><td>Length</td><td>Sequence</td><td>Opcode</td><td>SaCEPID</td><td>Disconnect reason</td><td>Disconnect sub-reason</td><td>CRC32</td><td>ETX</td></tr>
<tr><td>byte</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>3</td><td>1</td><td>1</td><td>4</td><td>1</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>변수
크기 및
내용</td><td>
<table>
<tr><th>No</th><th>정보메시지</th><th>크기(byte)</th><th>내용</th></tr>
<tr><td>1</td><td>STX</td><td>01</td><td>·메시지 시작 위치
·0x02 값으로 고정</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Length</td><td>02</td><td>·메시지 전문의 길이
·Big-Endian</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Sequence</td><td>01</td><td>·차상 Serial 통신용
·0x01부터 0xFF까지 1씩 증가</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Opcode</td><td>01</td><td>·교환되는 메시지의 형식을 나타내는 코드 (4.7절 참조)
- High Bit : Request(0), Confirm(1), Indication(2), Response(3)
- Low Bit : Connect(0), Data(1), Disconnect(2)</td></tr>
<tr><td>5</td><td>SaCEPID</td><td>03</td><td>·STU에서 할당된 세션 ID</td></tr>
<tr><td>6</td><td>Disconnect reason</td><td>01</td><td>·통신세션 해제 이유(Subset 037-7.3.3.5 참조)</td></tr>
<tr><td>7</td><td>Disconnect sub-reason</td><td>01</td><td>·통신세션 해제 이유(Subset 037-7.3.3.5 참조)</td></tr>
<tr><td>8</td><td>CRC32</td><td>04</td><td>·메시지의 손실 여부를 파악하기 위한 CRC 정보
·STX에서 CRC32 앞까지 값을 계산</td></tr>
<tr><td>9</td><td>ETX</td><td>01</td><td>·메시지 종료 위치
·0x03 값으로 고정</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td rowspan="3">STU-상태
메시지
(STU-Alive
Message)</td><td>구조
(지상)</td><td>
<table>
<tr><td>내용</td><td>STX</td><td>Length</td><td>Opcode</td><td>Count</td><td>Unit</td><td>Count Of Session</td><td>CRC32</td><td>ETX</td></tr>
<tr><td>byte</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>4</td><td>1</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>구조
(차상)</td><td>
<table>
<tr><td>내용</td><td>STX</td><td>Length</td><td>Sequence</td><td>Opcode</td><td>Count</td><td>Unit</td><td>Count Of Session</td><td>CRC32</td><td>ETX</td></tr>
<tr><td>byte</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>4</td><td>1</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>변수
크기 및
내용</td><td>
<table>
<tr><th>No</th><th>정보메시지</th><th>크기(byte)</th><th>내용</th></tr>
<tr><td>1</td><td>STX</td><td>01</td><td>·메시지 시작 위치
·0x02 값으로 고정</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Length</td><td>02</td><td>·메시지 전문의 길이
·Big-Endian</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Sequence</td><td>01</td><td>·차상 Serial 통신용
·0x01부터 0xFF까지 1씩 증가</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Opcode</td><td>01</td><td>·교환되는 메시지의 형식을 나타내는 코드
·Opcode : 0xFF</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Count</td><td>01</td><td>·Count 번호 (1씩 증가)
·Count : 0x01~0xFF</td></tr>
<tr><td>6</td><td>Unit</td><td>01</td><td>·STU1 : 0x01
·STU2 : 0x02</td></tr>
<tr><td>7</td><td>Count Of Session</td><td>01</td><td>·안전전송유닛에 구축된 총 통신세션의 개수</td></tr>
<tr><td>8</td><td>CRC32</td><td>04</td><td>·메시지의 손실 여부를 파악하기 위한 CRC 정보
·STX에서 CRC32 앞까지 값을 계산</td></tr>
<tr><td>9</td><td>ETX</td><td>01</td><td>·메시지 종료 위치
·0x03 값으로 고정</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td rowspan="2">차상 ATP-상태
메시지
(ATP-Alive
Message)</td><td>구조</td><td>
<table>
<tr><td>내용</td><td>STX</td><td>Length</td><td>Sequence</td><td>Opcode</td><td>CRC32</td><td>ETX</td></tr>
<tr><td>byte</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>4</td><td>1</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>변수
크기 및
내용</td><td>
<table>
<tr><th>No</th><th>정보메시지</th><th>크기(byte)</th><th>내용</th></tr>
<tr><td>1</td><td>STX</td><td>01</td><td>·메시지 시작 위치
·0x02 값으로 고정</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Length</td><td>02</td><td>·메시지 전문의 길이
·Big-Endian</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Sequence</td><td>01</td><td>·차상 Serial 통신용
·0x01부터 0xFF까지 1씩 증가</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Opcode</td><td>01</td><td>·교환되는 메시지의 형식을 나타내는 코드
·Opcode : 0xFE</td></tr>
<tr><td>5</td><td>CRC32</td><td>04</td><td>·메시지의 손실 여부를 파악하기 위한 CRC 정보
·STX에서 CRC32 앞까지 값을 계산</td></tr>
<tr><td>6</td><td>ETX</td><td>01</td><td>·메시지 종료 위치
·0x03 값으로 고정</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

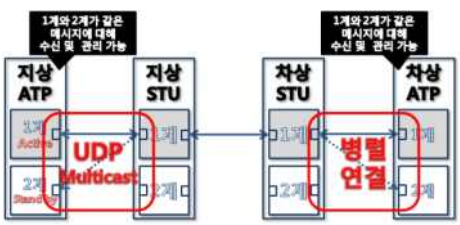
4) 현장시험 등을 반영한 인터페이스 개발사양(안) 기준 보완 내용

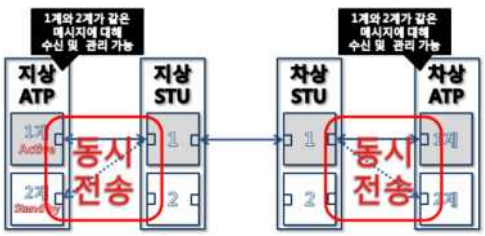
지상-차상 안전전송 인터페이스 개발 사양은 현장시험 준비, RBC 및 EIS 제작사의 의견수렴, 운영기관 의견수렴 등을 반영하여 [표 3-28]과 같이 개발사양을 보완 하였다.

[표 3-28] 지상-차상 안전전송 인터페이스 개발사양(안) 주요 기준 보완 내용

<table>
<tr><th>장/절</th><th>변경 전</th><th>변경 후</th><th>사유</th></tr>
<tr><td>2.2</td><td> 

[그림 2] 지상RBC장치와 지상안전전송유닛의 물리적 인터페이스 구성도</td><td> 

[그림 2] 지상RBC장치와 지상안전전송유닛의 물리적 인터페이스 구성도</td><td>장치 인터페이스 포트 명시</td></tr>
<tr><td>2.2</td><td>[표 2] 지상안전전송유닛과 지상RBC장치 간 하드웨어 인터페이스 사양
<table>
<tr><th>구분</th><th>사양</th></tr>
<tr><td>커넥터 단자</td><td>RJ45 ↔ RJ45</td></tr>
<tr><td>물리적 연결</td><td>Ethernet 10/100 Base-T</td></tr>
<tr><td>신호선 회선 수</td><td>2</td></tr>
<tr><td>통신 속도</td><td>최대 100 Mbps</td></tr>
<tr><td>통신 프로토콜</td><td>UDP/IP</td></tr>
</table></td><td>[표 2] 지상안전전송유닛과 지상RBC장치 간 하드웨어 인터페이스 사양
<table>
<tr><th>구분</th><th>사양</th></tr>
<tr><td>커넥터 단자</td><td>RJ45 ↔ RJ45</td></tr>
<tr><td>물리적 연결</td><td>Ethernet 10/100 Base-T</td></tr>
<tr><td>신호선 회선 수</td><td>4</td></tr>
<tr><td>통신 속도</td><td>최대 100 Mbps</td></tr>
<tr><td>통신 프로토콜</td><td>UDP/IP</td></tr>
</table></td><td>인터페이스 회선 수 보완</td></tr>
<tr><td>2.3</td><td>[표 3] KVC장치와 차상안전전송유닛 간 하드웨어 인터페이스 사양
<table>
<tr><th>구분</th><th>사양</th></tr>
<tr><td>커넥터 단자</td><td>DB9 ↔ DB9</td></tr>
<tr><td>물리적 연결</td><td>RS422</td></tr>
<tr><td>신호선 회선 수</td><td>2</td></tr>
<tr><td>통신속도</td><td>115,200 bps</td></tr>
<tr><td>통신 프로토콜</td><td>RS422(Serial) 프로토콜</td></tr>
</table></td><td>[표 3] KVC장치와 차상안전전송유닛 간 하드웨어 인터페이스 사양
<table>
<tr><th>구분</th><th>사양</th></tr>
<tr><td>커넥터 단자</td><td>DB9 ↔ DB9</td></tr>
<tr><td>물리적 연결</td><td>시리얼</td></tr>
<tr><td>신호선 회선 수</td><td>4</td></tr>
<tr><td>통신속도</td><td>115,200 bps</td></tr>
<tr><td>통신 프로토콜</td><td>RS422</td></tr>
</table></td><td>인터페이스 회선 수 보완</td></tr>
<tr><td>2.4</td><td>지상안전전송유닛과 차상안전전송유닛은 메시지의 보안을 위해 VPN(Virture Private Network) 망을 경유한다. (해당 VPN에 대한 사양 및 정의 필요)</td><td>삭제</td><td>VPN 미사용 결론에 따른 삭제</td></tr>
<tr><td>3.5</td><td>없음</td><td>7) 상태에 대한 메시지 (추가)</td><td>RBC 제작사 의견 반영</td></tr>
<tr><td>4.4</td><td> 

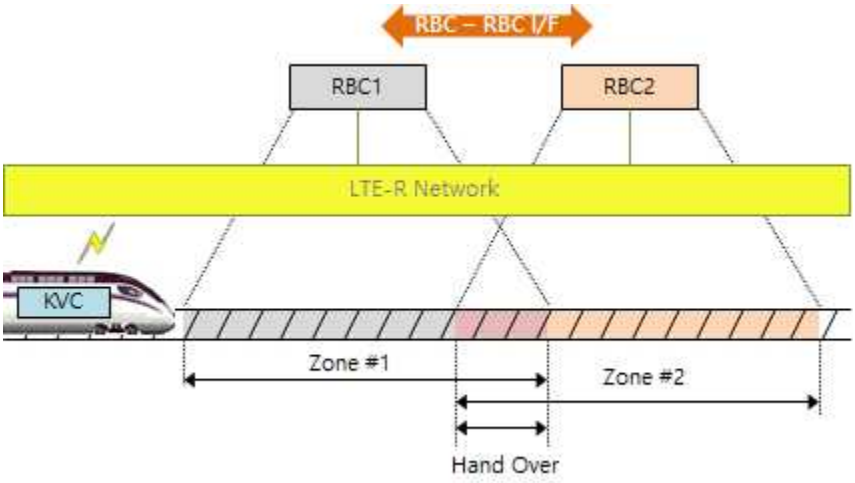
[그림 24] 수신된 메시지를 통해 통신세션정보를 1계와 2계가 동시에 관리</td><td> 

[그림 26] 수신된 메시지를 통해 통신세션정보를 STU1과 STU2가 동시에 관리</td><td>유니캐스트 방식에 따른 내용 보완</td></tr>
</table>

바. RBC-RBC 간 인터페이스 개발사양 정의 및 보완

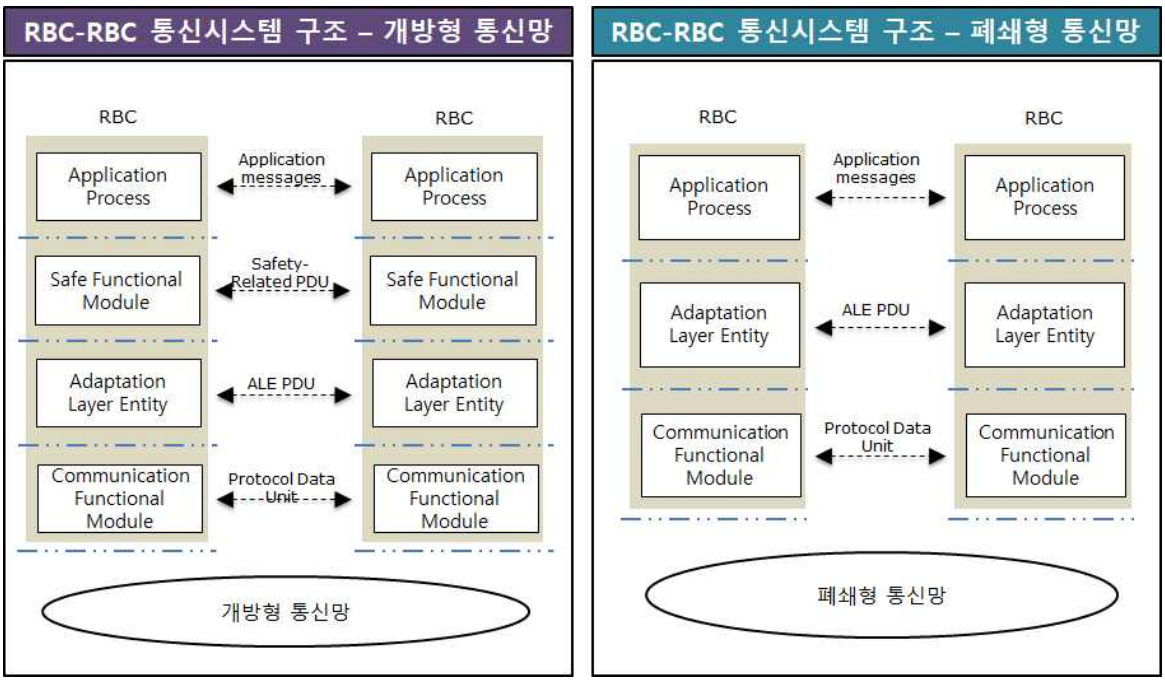
1) 목적 및 범위

특정 RBC와 인접한 RBC간의 메시지를 송수신하는데 필요한 통신인터페이스 구조 및 프로토콜을 정의하여 안전하고 신뢰성있는 인터페이스 제공을 목적으로 한다.



[그림 3-79] RBC-RBC간의 인터페이스 개요

2) 참조 모델



[그림 3-80] RBC-RBC 통신시스템 참조 모델

RBC-RBC 통신시스템 구조는 개방형 통신망과 폐쇄형 통신망에 따라 참조모델이 달라질 수 있다. 개방형 통신망의 경우, 불특정 다수의 참가자들이 전송과 송신을 동시 다발적으로 진행함므로 신뢰할 수 없는 특성이 있으므로 허가되지 않은 접근 위험 방지 기능이 지원되어야 하므로 Safe functional Module이 필수적이다. 이와 달리 폐쇄형 통신망의 경우, 통신 참가자가 누구인지 예측가능하며 고정적인 특성을 지니고 있으므로 승인되지 않은 접근 위험으로부터 안전하므로 Safe Functional Module을 생략할 수 있으며 이로 인해 더 신속한 통신이 이루어

질 수 있다.

RBC-RBC 통신시스템 구조 – 개방형 통신망	RBC-RBC 통신시스템 구조 – 폐쇄형 통신망
◆ 불특정 다수의 참가자들이 전송과 수신을 하는 시스템	◆ 통신 참가자가 누구인지 잘 알 수 있음
◆ 불특정 다수의 참가자로 인해 신뢰할 수 없는 특성	◆ 고정적인 특성을 지닌 전송 시스템
◆ 허가되지 않은 접근 위험 방지 기능이 지원되어야 함	◆ 폐쇄망의 경우, 승인되지 않은 접근 위험성은 무시 가능
◆ RBC가 분산형 구조일 경우, 개방형 특성을 지님	◆ RBC가 중앙집중형 구조일 경우, 폐쇄형 특성을 지님

결론

- ◆ RBC 설치 방안 : 중앙 집중형 (CTC 관제센터)
- ◆ RBC-RBC 통신시스템 구조 : 폐쇄형 통신망
- ◆ 안전 전송 시스템 구비 불필요

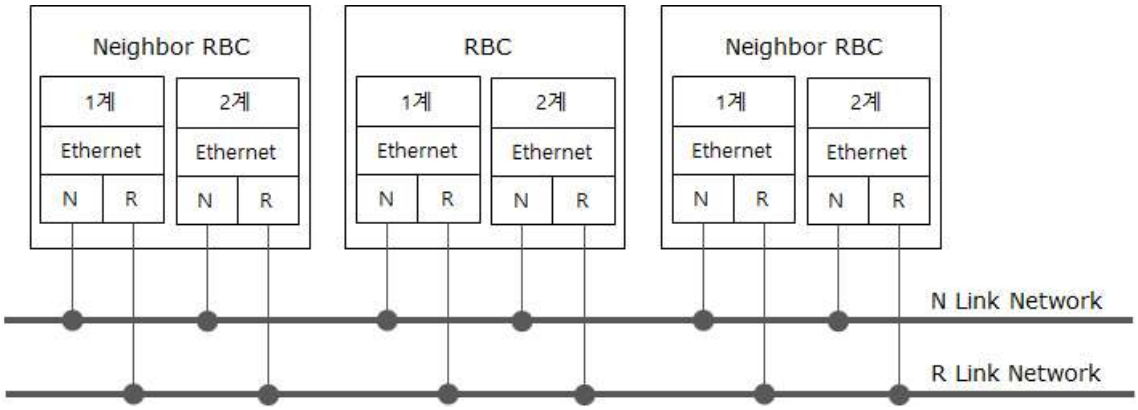
[그림 3-81] RBC 통신시스템 구조 장단점 및 결론

3) 인터페이스

RBC-RBC간 통신인터페이스는 물리적 인터페이스와 논리적 인터페이스로 구분할 수 있다. 물리적 인터페이스 통신 네트워크를 구성하는 물리적 링크를 말하며, 논리적 인터페이스는 물리적 인터페이스를 통해 연결된 논리적 통신 세션을 관리하는 인터페이스이다.

가) 물리적 인터페이스

N(Normal) 링크 네트워크와 R(Redundant) 링크 네트워크로 이루어져 있다. N 링크 네트워크는 평상시 주 통신 링크로 사용하고, R 링크는 N 링크에 문제가 생기거나 통신이 원활하지 않을 경우에 예비로 주로 사용된다. 그러나 논리 인터페이스 타입에 따라 R 링크를 예비용으로 사용하기도 하고, N 링크와 동시에 주 통신 링크로 사용하기도 한다.

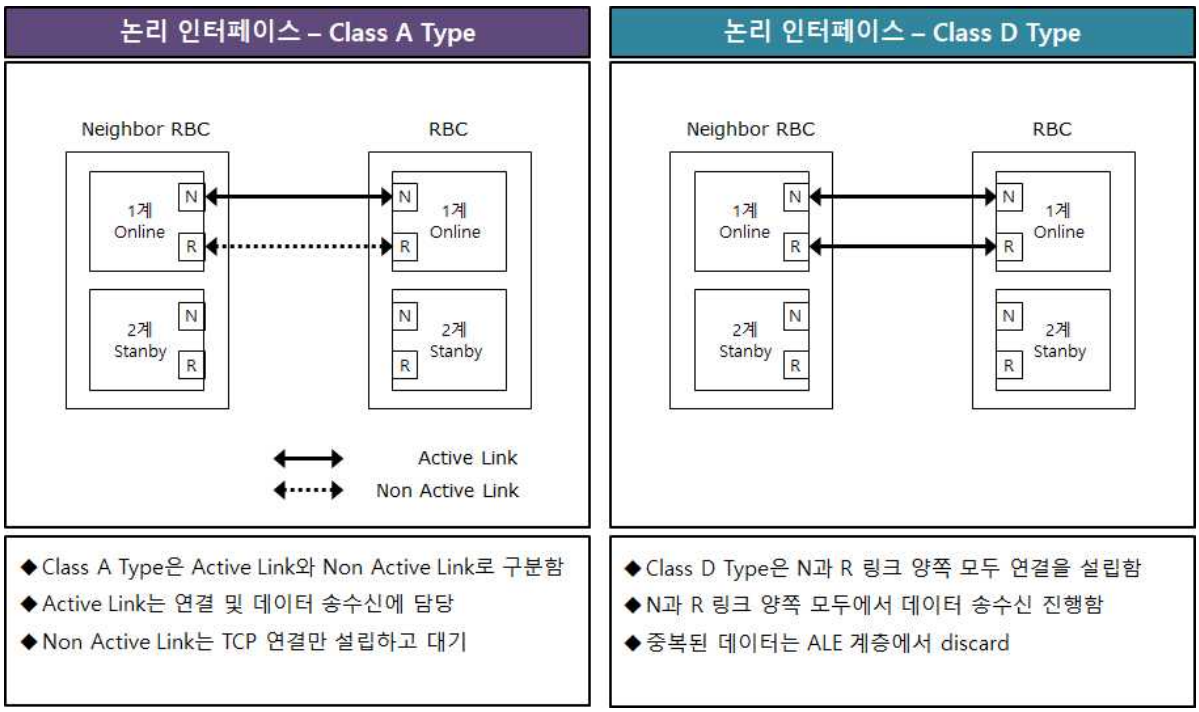


[그림 3-82] 물리적 인터페이스

나) 논리적 인터페이스

Class A 타입과 Class B 타입으로 논리적 인터페이스가 구분된다. Class A 타입은 다시 Active 링크와 Non Active 링크로 구분하여, Active 링크는 연결 및 데이터 송수신을 담당하고 Non Active 링크는 TCP 연결만 설립하고 만약을 위해 대기하면서 링크의 상태만 체크한다.

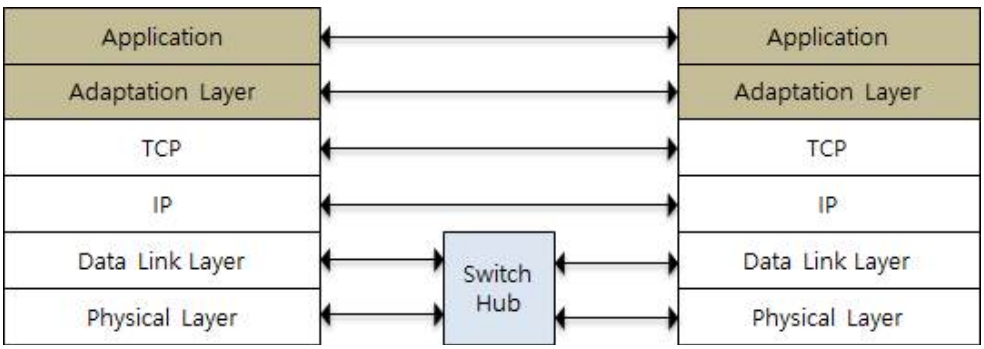
이와 달리 Class D 타입은 N 링크와 D 링크 모두 Active 링크로 인식하고 양쪽 모두에서 연결 및 데이터 송수신한다.



[그림 3-83] 논리적 인터페이스

다) 프로토콜 스택

다음 그림은 RBC-RBC간 인터페이스 상에 적용되는 프로토콜 스택을 도식한 그림이다. 최상위의 Application 계층을 비롯하여 Adaptation Layer, TCP, IP, Data Link Layer, Physical Layer로 구성되어 있다. 그리고 RBC-RBC 사이의 통신망은 RBC-RBC간의 접속에만 사용되는 폐쇄망이며, Switching Hub를 통해 RBC-RBC간 네트워크이 구성될 수 있다.

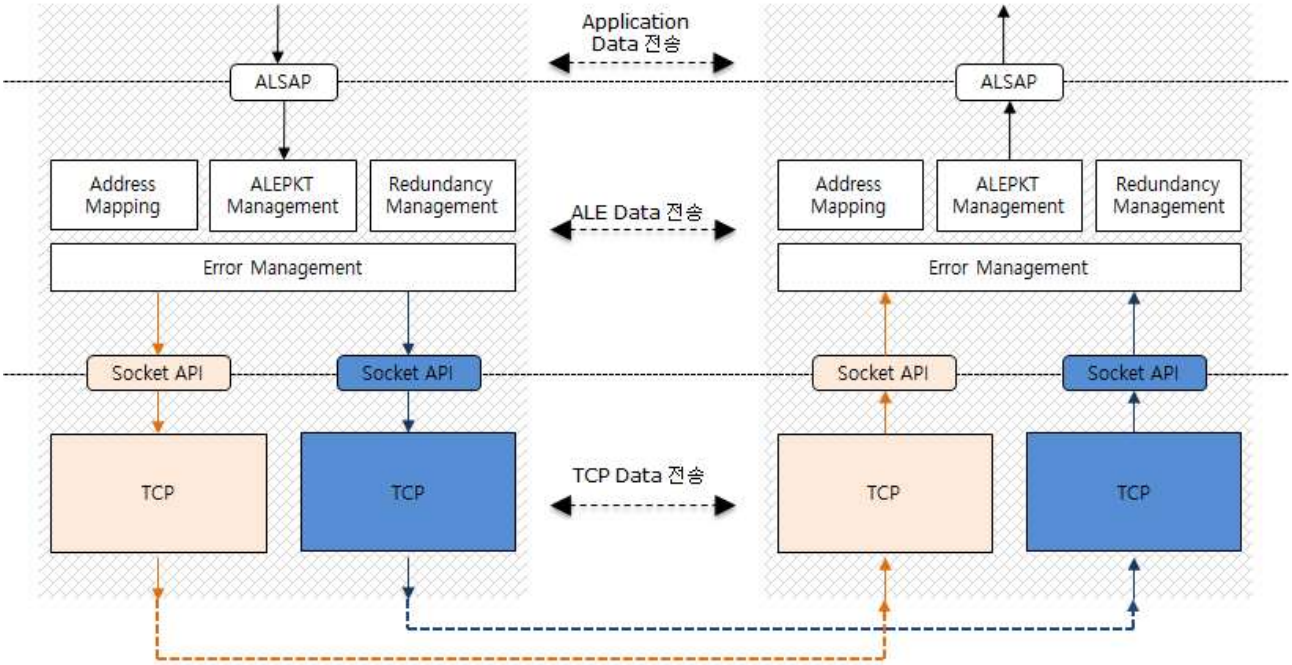


[그림 3-84] RBC-RBC 인터페이스 통신 프로토콜 스택

- Application Layer : RBC-RBC간 메시지 및 송수신 규칙을 규정한 응용 계층
- Adaptation Layer : Euro-Radio를 기반으로 구성된 응용계층을 TCP/IP 통신 방식에 맞게 동작 및 통신방법을 변경해주는 계층
- TCP Layer : 인터넷에서 사용하는 전송 프로토콜 계층
- IP Layer : 인터넷에서 사용하는 네트워크 프로토콜 계층
- Data Link Layer : Ethernet과 같은 인터넷 프로토콜 모델의 2계층
- Physical Layer

4) ALE(Adaptation Layer Entity)

Adaptation Layer는 상위의 RBC-RBC 응용계층, 즉 RBC-RBC Handover 절차를 규정한 SUBSET-039에 정의된 RBC-RBC간 Handover 패킷들을 Euro Radio가 아닌 TCP/IP 통신 네트워크를 통해 User Data를 전송하는데 필요한 전송 방법, TCP 채널 다중화, 에러처리, 그리고 ALE 패킷을 정의하고 있다.



[그림 3-85] ALE 기능 모델의 통신 예

- ALSAP(Adaptation Layer Service Access Point)
  - RBC 응용계층과 ALE 계층간의 요청과 응답을 위한 service primitive
- Address Mapping
  - ETCS ID에 Mapping된 IP 주소를 lookup
- Redundancy Management
  - TCP 다중화 채널에 대한 관리 및 다중화 채널로부터 수신된 패킷 처리
- ALEPKT Management
  - ALE 계층의 패킷 생성 또는 패킷 분해
- Error Management
  - TCP 오류, TCP 채널 다중화 오류, ALE 패킷 생성 및 분해 오류, 포맷 불일치 등 다양한 오류를 감지하고 각 오류에 대해 적절한 처리를 진행
- Socket API
  - OS(Operating System)에서 제공하는 Socket API를 이용하여 TCP 연결 설립, 데이터 송수신, 연결 관리 기능을 수행

5) ALSAP(Adaptation Layer Service Access Point)

가) ACTIONS

응용과 ALE를 연결하는 Service Access Point를 통하여, 응용에 ALE로 요청하는 서비스 프리미티브들의 모음을 ACTIONS로 칭한다.

[표 3-29] ACTIONS 서비스 프리미티브

ACTIONS	Parameters
AL-CONNECT.Request	1) Called ETCS-ID 2) Calling ETCS-ID 3) Application Type 4) QoS 5) User Data
AL-CONNECT.Response	1) Socket ID 2) Responding ETCS-ID 3) User Data
AL-DISCONNECT.Request	1) Socket ID 2) Reason 3) User Data
AL-DATA.Request	1) Socket ID 2) User Data

나) EVENTS

응용과 ALE를 연결하는 Service Access Point를 통하여, 응용에서 ALE로 요청하는 서비스 프리미티브들의 모음을 EVENTS로 정의한다.

[표 3-30] EVENTS 서비스 프리미티브

EVNETS	Parameters
AL-CONNECT.Indication	1) Socket ID 2) Calling ETCS-ID 3) Application Type 4) QoS 5) User Data
AL-CONNECT.Confirm	1) Socket ID 2) Responding ETCS-ID 3) User Data
AL-DISCONNECT.Indication	1) Socket ID 2) Reason 3) User Data
AL-DATA.Indiation	1) Socket ID 2) User Data

다) 파라미터

각 서비스 프리미티브와 함께 전달되어야 할 파라미터에 대한 설명은 다음과 같다.

- Called ETCS-ID : 상대방 RBC의 ETCS ID
- Calling ETCS-ID : 자신의 ETCS ID
- Application Type : RBC-RBC Application Type은 0x13
- QoS : Class A(0x00) 또는 Class D(0x03)로 설정됨, 본 사양은 항상 0x03
- Respondig ETCS-ID : 응답한 RBC의 ETCS-ID

- Socket ID : 해당 세션의 TCP socket ID
- User Data : RBC-RBC Application User Data

6) ALE 패킷 형식

[표 3-31] ALE 패킷 형식

Packet Length	Version	App type	Sequence Number	N/R Flag	Packet Type	Checksum	Data
2 byte	1 byte	1 byte	2 byte	1 byte	1 byte	4 byte	가변

- Packet Length : 패킷 전체 길이 (Packet Length Field 2 바이트는 제외)
- Version : Version = 0x01(default value), Version = 0x02(Safety layer 적용할 경우)
- Appplication Type : RBC-RBC Application Type = 0001 1011
- Sequence Number : ALE 계층에서 두 개의 TCP 접속 간의 전환을 관리하기 위한 시퀀스 번호
- N/R Flag : N 링크와 R 링크의 구분자 (N-1, R=0)
- Packet Type : ALE Packet Type
- Checksum : ALE 헤더의 오류 검출을 위해 CRC-32와 같은 Checksum을 사용한다
- Data : ALE Connection 정보, Safety Connection 정보, RBC-RBC Application User Data 등

7) ALE 패킷 타입

[표 3-32] ALE 패킷 타입

Packet Type	Description	Additional Information	User Data
1	ALE Connection Request (CC)	SRC RBC ID DST RBC ID Service Class	
2	ALE Connection Confirm (CR)	SRC RBC ID	
3	Transfer User Data (DT)		RBC-RBC APP data
4	Disconnect Indication (DI)		RBC-RBC APP data

가) ALE Connection Request (CR)

응용은 상대방과의 연결을 수립하기 위해 AL-CONNECT.Request 서비스 프리미티브를 호출하고, ALE는 상대방 ALE와 연결을 수립하기 위해, TCP 연결을 우선 설립한 후에, ALE Connection Request(CR)을 송신하여 ALE 연결을 시도한다.

- SRC RBC ID : CR을 송신하는 RBC의 ETCS ID
- DST RBC ID : CR을 수신할 RBC의 ETCS ID
- Class of Service : 0x03

나) ALE Connection Confirm (CC)

상대편 ALE로부터 수신한 CR에 대한 응답메시지이다. 응용에서는 AL-CONNECT.response 서비스 프리미티브를 호출하여 ALE에게 CC 패킷 송신을 요청한다.

- SRC RBC ID : CC를 송신하는 RBC의 ETCS ID

다) Data Transfer (DT)

ALE 연결이 완료되면 응용은 AL.DATA.Request를 통해 RBC-RBC간의 User Data를 전송할 수 있다.

라) Disconnect Indication (DI)

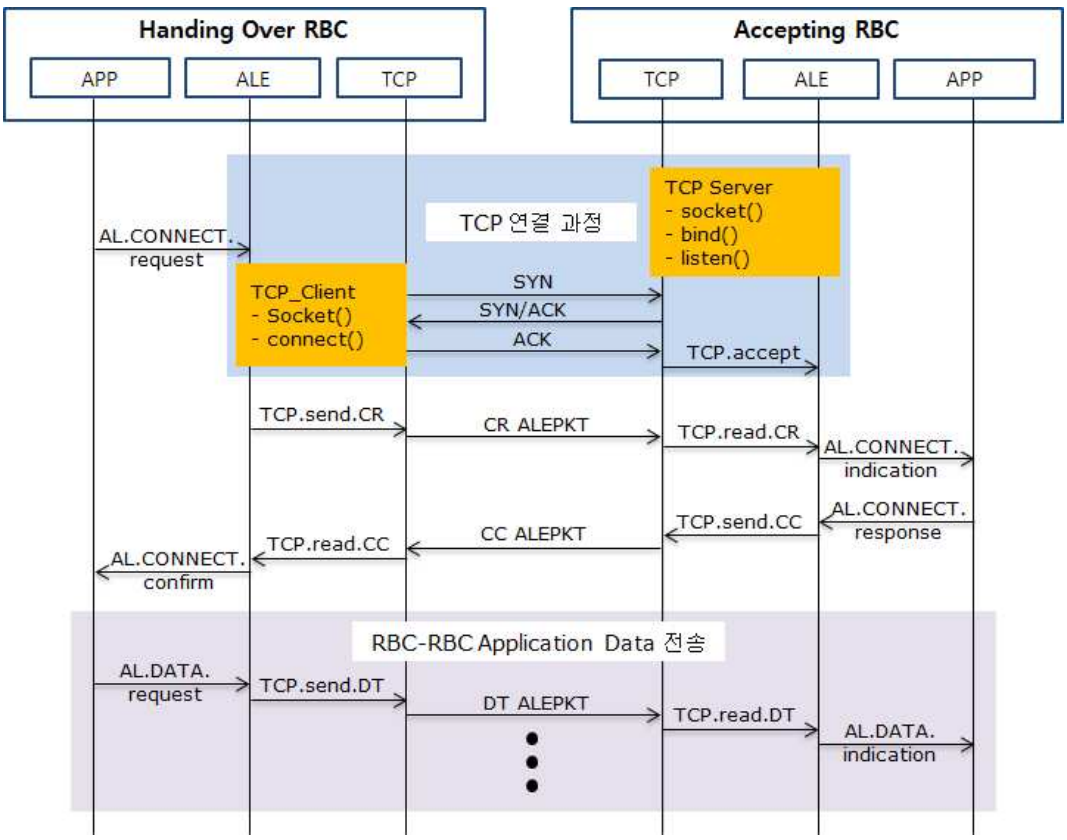
ALE 연결 해제를 위해 응용에서 AL-Disconenct.Request 서비스 프리미티브를 호출하여 DI 메시지 전송을 요청한다.

DI(Reason) - 3바이트 구성

- 1바이트(0x0001000x) : DI 메시지 type, 'x'는 Direction Field
- 1바이트(Reason field) : Disconnect reason
- 1바이트(Sub-reason field) : Disconnect Sub-reason

8) 동작 시퀀스

- 응용으로부터 AL.CONNECT.request를 받으면 ALE는 상대편 RBC와 TCP 연결을 시도한다.
- AL.CONNECT.request에 있는 Calling ETCS-ID 파라미터를 이용하여 상대편 RBC의 IP 주소를 맵핑한다.



[그림 3-86] RBC-RBC간 세션 연결 및 데이터 전송 시퀀스

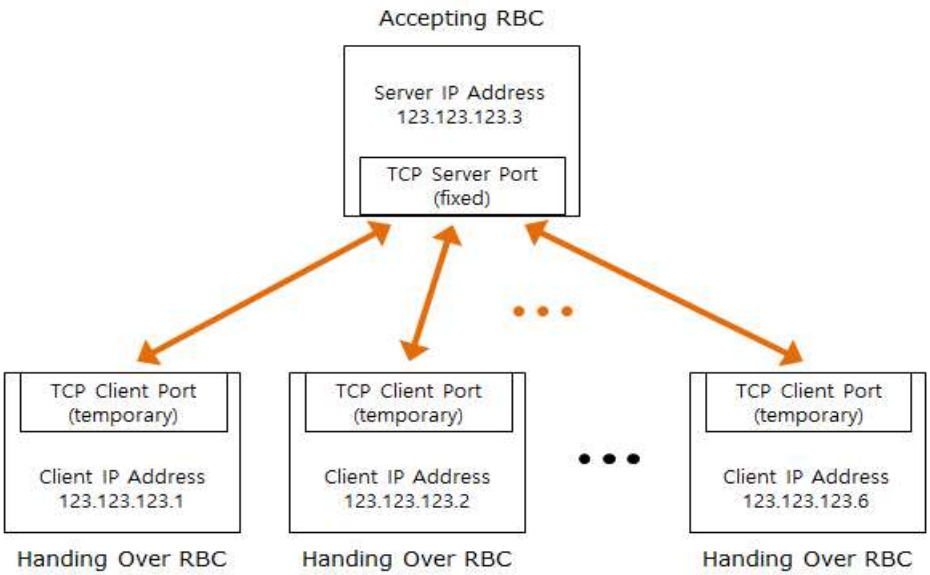
- ALE는 상대편 RBC에 접속하기 위해 Socket API를 이용하여 TCP socket을 OPEN하고 connect API를 호출하여 TCP client로 접속 동작을 시작한다.
- 이때, 상대편 RBC는 인접 RBC로부터 TCP 접속 요청을 받아들이기 위해 Socket API를 이용하여 TCP socket을 OPEN하고, bind, listen, accept API를 차례로 호출하여 TCP server 역할을 수행한다.

- Three-way-handshaking 방식으로 TCP 접속이 완료되면 TCP client는 CR(Connection Request) ALE Packet을 server측으로 전송한다.
- CR을 수신한 ALE는 AL.CONNECT.indication 형식으로 Application에 해당 메시지를 전달한다.
- AL.CONNECT.indication을 받은 Application에서 해당 요청이 유효한 메시지라고 판단되면 바로 AL.CONNECT.response ALSAP를 이용하여 ALE로 응답 메시지를 전달한다.
- ALE는 해당 메시지를 CC(Connect Confirm) ALE 패킷으로 변환하여 상대편 ALE로 전송한다.
- CC를 수신한 ALE는 AL.CONNECT.confirm ALSAP로 Application에 해당 메시지를 전송한다.
- 상기와 같이 연결 요청이 완료되면 이후부터 실제 Application Data 송수신이 진행된다.

9) RBC-RBC TCP Client-Server Model 정의

다음 그림은 RBC-RBC간 통신 모델에서 서버와 클라이언트에 대한 정의를 규정하고 있다. Accepting RBC는 TCP Server로 동작하고, Handing Over RBC는 Client로 동작한다. 따라서 Handing Over RBC는 TCP Client로서 TCP server 역할을 하는 Accepting RBC에 TCP 연결 요청을 하고, Accepting RBC는 Handing Over RBC의 TCP 연결 요청에 응답하여 TCP 연결 6설립을 완료한다.

참고로 열차의 노선 구성에 따라 Accepting RBC는 동시 다발적으로 여러 Handing Over RBC의 TCP 연결 요청을 처리하고 다중의 TCP 연결에 대한 관리를 수행해야 할 수도 있다.



[그림 3-87] RBC-RBC TCP Client-Server Model

10) 주요 변경 사항

계 전환 시 유지하고 있는 세션을 안정적인 동작을 위해 1계에서 2계로 또는 2계에서 1계로 전환할 때 모든 세션은 새롭게 재시작하여 동일한 제어 정보를 갖게 하였다.

사. 그 외 인터페이스 정의

1) JRU 인터페이스

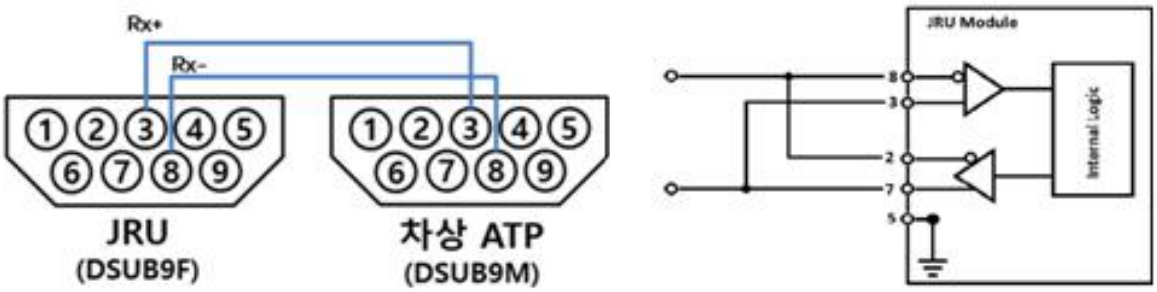
JRU는 차상ATP장치와 인터페이스하며 열차에서 발생한 주요 이벤트에 대한 기록을 저장하여 SUBSET-027(Juridical Recorder-Downloading tool)의 사양에 기반하여 다운로딩을 제공한다. 다운로드 된 운행 데이터는 통합시험 검증 및 현차시험에서 발생한 차상ATP장치의 기능 동작 확인에 사용된다.

가) JRU H/W 인터페이스 사양 정의

[표 3-33] JRU 물리적 인터페이스 사양

구분	사 양		
전원	외부 : 220V AC, 내부 : 24V DC		
포트	RS485 X 2 (EVC 인터페이스)	RS232 X 1 (로그 다운로딩)	ETHERNET X 1 (내부 접속)
커넥터	D-SUB 9	D-SUB 9	RJ45
속도	115,200 [bit/s]	19,200 [bit/s]	10/100/1000Mbps
구성	Bit/byte : 8 Parity port : none flow control : none Stop bit : 1	Bit/byte : 8 Parity port : even flow control : none Stop bit : 1	크로스케이블

JRU 커넥터 및 케이블 구성



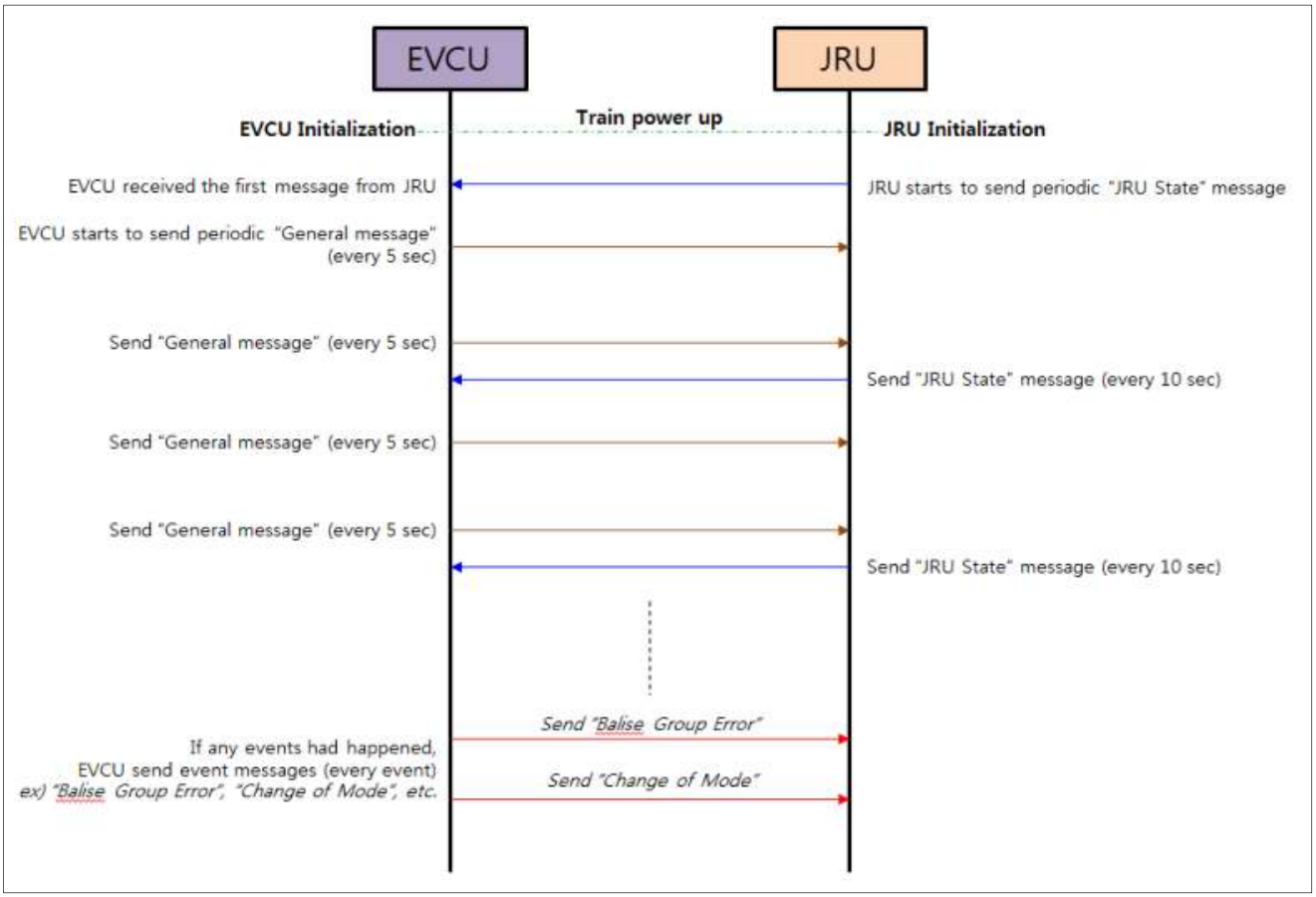
(a) JRU와 차상ATP장치 간 케이블 구성 (b) JRU 수신부 회로 구성

[그림 3-88] JRU 커넥터 및 케이블 구성

나) JRU S/W 인터페이스 사양 정의

(1) JRU와 차상ATP장치 간 메시지흐름도

차상ATP장치는 JRU에 5초에 한번씩 "General Message"를 송신하며 JRU는 10초에 한번씩 "JRU State" 메시지를 전송한다. 열차 운행 중 발리스 메시지, RBC 메시지 송·수신 등의 이벤트가 발생 시 차상ATP장치는 즉시 JRU에 해당 메시지를 전송한다.



[그림 3-89] JRU와 차상ATP장치 간 메시지 흐름도

(2) JRU와 차상ATP장치 간 메시지 목록

차상ATP장치가 JRU에 전송해야 하는 메시지는 아래 표와 같다.

[표 3-34] JRU와 차상ATP장치 간 메시지 목록

순번	메시지명	메시지 형식	주기
1	GENERAL MESSAGE	Data Message	5초
2	DATA ENTRY COMPLETED	Data Message	발생 시
3	EMERGENCY BRAKE ORDER	Data Message	발생 시
4	SERVICE BRAKE ORDER	Data Message	발생 시
5	EVENTS	Data Message	발생 시
6	TELEGRAM FROM BALISE	Data Message	발생 시
7	MESSAGE FROM EUROLOOP	Data Message	발생 시
8	MESSAGE FROM RADIOINFILL	Data Message	발생 시

9	MESSAGE FROM RBC	Data Message	발생 시
10	MESSAGE TO RBC	Data Message	발생 시
11	DRIVER'S ACTION	Data Message	발생 시
12	BALISE GROUP ERROR	Data Message	발생 시
13	RADIO ERROR	Data Message	발생 시
14	STM INFORMATION	Data Message	발생 시
15	DATA FROM EXTERNAL SOURCES	Data Message	발생 시
16	START DISPLAYING FIXED TEXT MESSAGE	Data Message	발생 시
17	STOP DISPLAYING FIXED TEXT MESSAGE	Data Message	발생 시
18	START DISPLAYING PLAIN TEXT MESSAGE	Data Message	발생 시
19	STOP DISPLAYING PALIN TEXT MESSAGE	Data Message	발생 시
20	CURRENT VALUE OF MOST RESTRICTIVE SPEED PROFILE	Data Message	발생 시
21	TARGET SPEED	Data Message	발생 시
22	TARGET DISTANCE	Data Message	발생 시
23	RELEASE SPEED	Data Message	발생 시
24	WARNING	Data Message	발생 시
25	SR SPEED/DISTANCE	Data Message	발생 시
26	STM SELECTED	Data Message	발생 시
27	PERMITTED SPEED	Data Message	발생 시
28	SPARE	Data Message	발생 시

(3) JRU 메시지 형식 정의

JRU 메시지는 아래 표와 같이 총 554 bit로 헤더를 사용한다. 메시지 총 길이는 메시지 번호에 따라 가변되며 32 bit의 CRC를 사용하여 데이터의 유효성을 확인한다.

	Name of field	Description	Size (bits)
#1	NID_MESSAGE	Message Identification number	8
#2	L_MESSAGE	Message length including fields (from #1 to #N+1).	11
#3	DATE	EVCU Current date	16
#4	TIME	EVCU Current time	22
#5	TRAIN_POSITION	Current train position	75
#6	V_TRAIN	Current train speed	7
#7	DRIVER_ID	Identification of the Driver	384
#8	NID_ENGINE	EVCU Identity	24
#9	LEVEL	Current level	3
#10	MODE	Current mode	4
		Total for fields #1 to #10:	554 bits
#11 … #N	Variables	Data associated to the message. Its length depends on the message content, but it's always rounded up to a bytes unit.	(variable)
#N+1	Padding	Refer to 4.2.1.11	(0 to 7)
#N+2	CRC	Check the correctness of the transmitted messages	32

[그림 3-90] JRU 메시지 구조

2) 시험차량 인터페이스

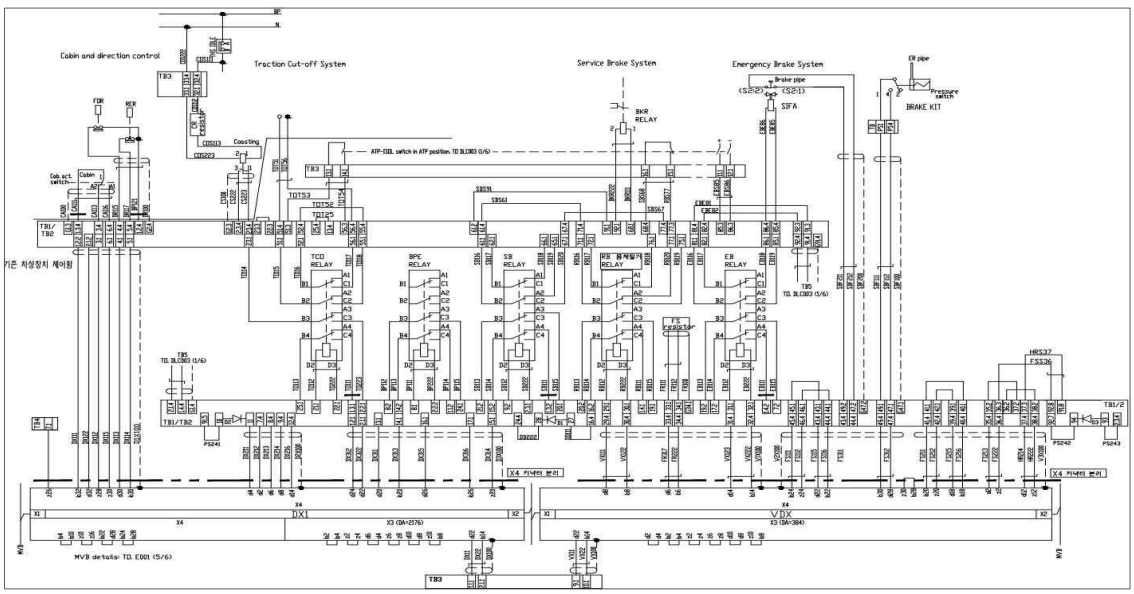
시험 차량으로 선정된 디젤기관차 DL4457호 차량에서 주요 인터페이스 구성으로는 전원 인터페이스, 제동, 추진제어, 운전실 방향제어 부분이 있다. 시험기존 차상ATP시스템의 신호들은 ATP시스템이 통제가 될 수 있도록 인터페이스 되어있으므로, 개별 신호를 병렬로 연결해서 차상ATP장치로 연결되도록 한다.

[표 3-35] DL4457 기존ATP장치와 KRTCS-2 차상장치 간 병렬연결 인터페이스

순번	내 용
1	운전실 기동 신호에 대한 ATP 입력 회로
2	역전기 전 후진 접점에 대한 ATP 입력 회로
3	가감간 유전 위치에 대한 ATP 입력 회로 및 ATP에서 열차의 견인력을 차단시키는 회로
4	열차의 상용제동을 제어하는 회로
5	열차의 비상제동을 제어하는 회로
6	ATP에서 인가된 상용/비상제동을 확인하기 위한 피드백 회로



[그림 3-91] 기존장치와 KRTCS-2 차상장치 간 인터페이스 구축 절차

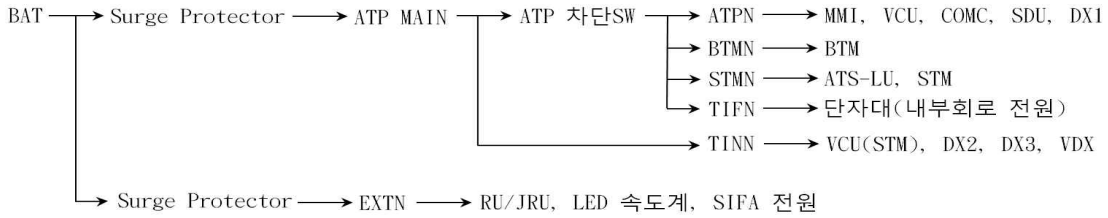


[그림 3-92] 기존장치와의 인터페이스 회로도

(1) ATP 전원 회로

차상ATP장치 기동은 NFB 스위치 BOX 내에 있는 모든 회로차단기가 ON 된 상태에서 ATP 차단스위치(Isolation Switch)를 ATP 위치로 선택하면 배터리 전원선(+72V)에 연결된 ATP

MAIN 회로차단기와 ATPN, BTMN, STMN, TIFN의 전원 라인이 연결되고 ATP 장치에 전원이 공급되어 기동이 이루어진다. 그리고 자료기록장치 및 LED 속도계, 제동계전기(BKR), 비상제동 전자변(SIFA)의 동작 전원은 EXTN 회로차단기에 의해 공급된다.

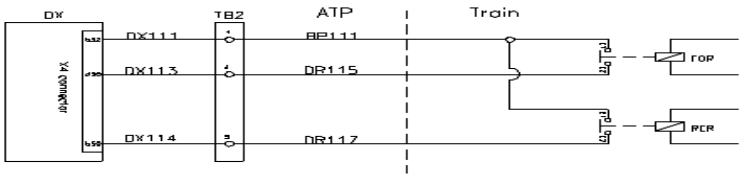


[그림 3-93] 디젤기관차의 ATP 전원 회로에서의 전원 공급

(2) 역전기 전·후진 접점에 대한 ATP 입력 회로

역전기 전·후진 신호는 운전실이 선택된 상태에서 열차의 운전 방향을 확인하기 위하여 사용되며, ATP는 역전기가 전진 위치로 선택된 조건에서 정상적인 열차 운행 상태 감시를 수행할 수 있으며, 역전기가 후진 위치로 선택된 조건에서는 입환 모드를 제외하고는 3m 이상 운행시 후진 운전 방호 기능에 의하여 3m 이상 운행 시 상용제동이 인가된다. 단, 레벨 STM에서는 ATS운행 기능에 따라서 후진 운행 할 수 있다.

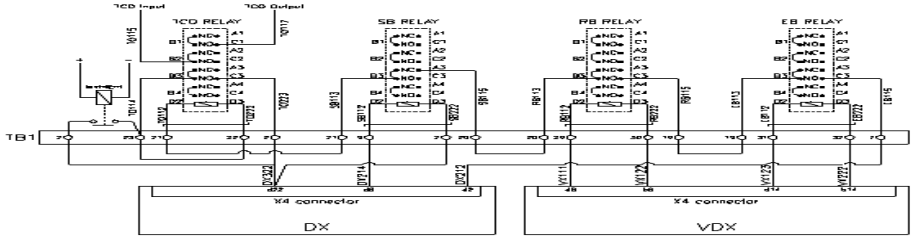
전원은 운전실 기동회로와 동일한 ATP-DX의 X4-b32에서 출력되며, 이 출력이 기관차의 FOR 계전기 및 RER 계전기의 접점을 통해 ATP-DX의 입력으로 연결된다.



[그림 3-94] 역전기 전·후진 접점에 대한 ATP 입력 회로

(3) 견인력 차단 회로

견인력 차단(TCO) 계전기는 DX의 디지털 출력에 의해 여자되며, EB 계전기, SB 계전기, RB 계전기의 접점을 통해 연결된다. 복귀 계전기는 THS 핸들(주제어간)이 유전(IDLE) 위치일 때 가감간의 IDLE 접점을 통해서 배터리 전압이 인가된다.

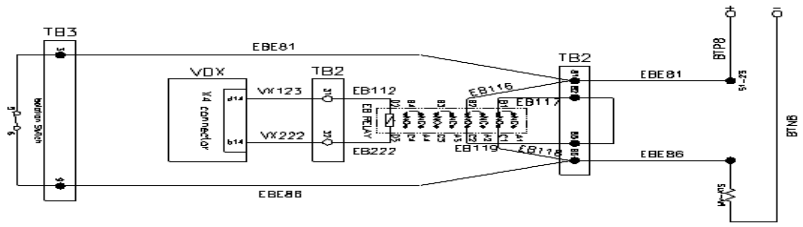


[그림 3-95] 견인력 차단 계전기에 의한 회로

(4) ATP에 의한 비상제동 제어회로

ATP의 비상제동 명령에 의해 신속히 비상제동이 체결되도록 비상 전자변(SIFA)이 사용된다. 비상제동 인가시 전자변이 소자되고 이때, 제동관공기(BP)가 대기로 배기되어 비상제동이 체결된다.

비상제동 계전기의 접점은 TCO 계전기와 동일하게 안전을 위해 NO 접점 2개를 직렬로 연결하였으며, 회로는 다음과 같은 경로로 연결된다. 비상제동 계전기의 접점은 ATP 차단 회로에 의해 바이패스 될 수 있다.



[그림 3-96] ATP에 의한 비상제동 회로

(5) DX 1 입출력 신호

구분	신호 의미	DL 기록장치 내용	Active 1/0
DX INPUT 1	TCO relay feedback	견인력차단 FB	1: order
DX INPUT 2	BPE relay feedback	미기록	1: order
DX INPUT 3	SB relay feedback	상용제동 FB	0:order
DX INPUT 4	RBrelayfeedback	RB relay FB	1:order
DX INPUT 5	EB relay feedback	비상제동인가 FB	1:order
DX INPUT 6	미사용		
DX INPUT 7	CAB1active	CAB 1 전방	1: active
DX INPUT 8	DIR1(forward)	전방 NOTCH	1: forward cab1
DX INPUT 9	DIR2 (reverse)	후방 NOTCH	1:forward cab2
DX INPUT 10	CAB2active	CAB 2 후방	1: active
DX OUTPUT 1	TCO Order	견인력차단	0: order
DX OUTPUT 2	BPE relay	미기록	1: order
DX OUTPUT 3	Service Brake Order	상용제동인가	1: order
DX OUTPUT 4	미사용		
DX OUTPUT 5	Powerless section control output	절연구간	1: order
DX OUTPUT 6	미사용		

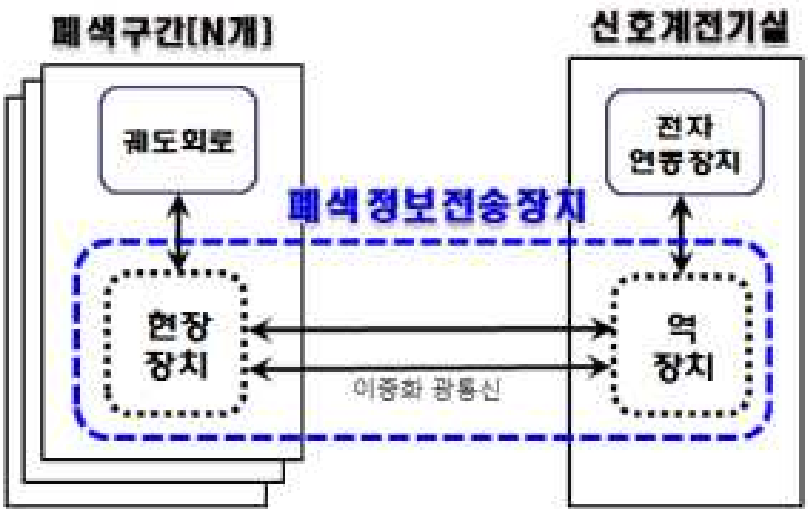
(6) VDX 입출력 신호

구분	신호 의미	DL기록장치 내용	Active 0/1
HR 1 port	Brake feedback from train (pressure or electrical)	제동압력 FB	0: brake not applied
HR 2 port	Emergency Brake Order(비상제동인가)	비상제동인가	0: order

3) 폐색정보전송장치 인터페이스

가) 폐색정보전송장치 인터페이스 개요

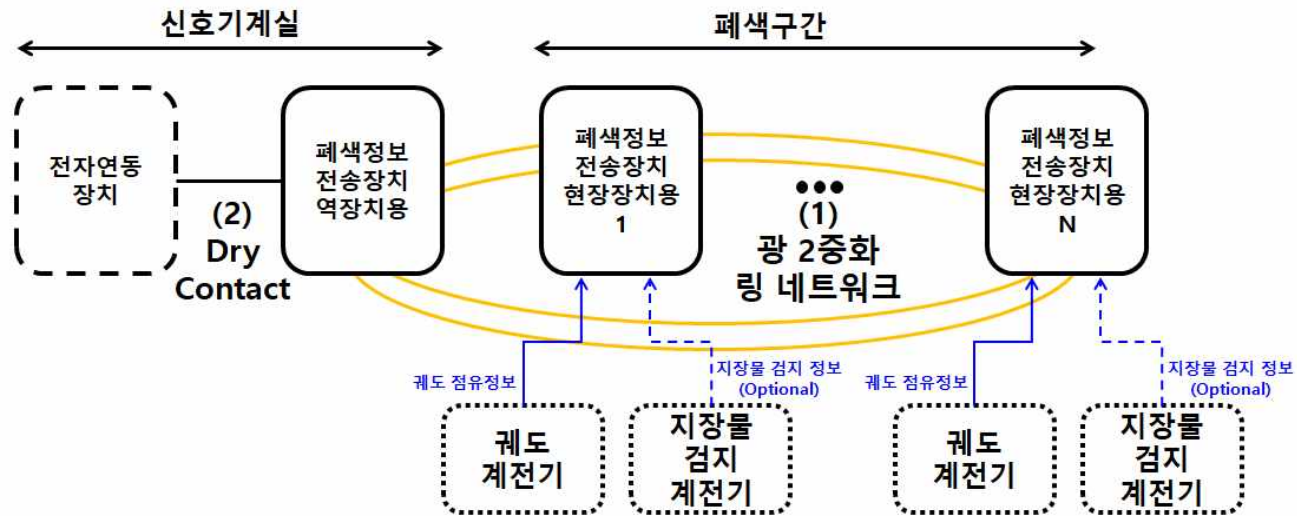
폐색정보전송장치는 ETCS Level 2 기반에서 역간 신호기가 없어짐에 따라 신호기 정보를 대신하여 폐색 구간의 열차점유정보를 자동으로 생성하는 기능을 수행하는 장비이다. 폐색정보전송장치는 아래 구성도와 같이 역장치용과 현장장치용으로 구성되며 역장치용은 실내 신호기계실에 설치되어 폐색구간의 열차 점유정보를 통합하여 전자연동장치에 정보를 전송하는 역할을 한다. 현장장치용은 폐색구간에 설치되어 해당 폐색구간의 열차 점유정보를 역장치용으로 전송하는 역할을 한다.



[그림 3-97] 장치 간 인터페이스 개요

나) 폐색정보전송장치 장치 간 인터페이스

폐색정보전송장치의 물리적 인터페이스는 ABS 기구함 또는 AF 기구함 내의 AF 궤도계전기로부터 궤도 점유정보를 접점으로 폐색정보전송장치 현장장치용으로 입력받아 광 2중화 링 네트워크를 통해 역장치용으로 전송되고 역장치용을 통해 전자연동장치로 전송된다.



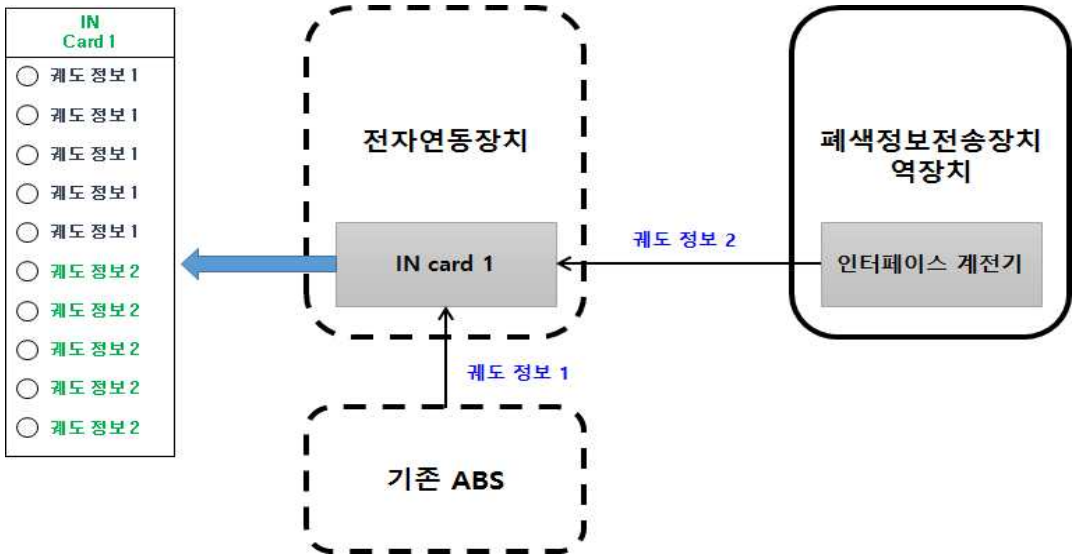
[그림 3-98] 폐색정보전송장치 인터페이스 구성도

[표 3-36] 폐색정보전송장치 물리적 인터페이스 사양

순번	인터페이스 구분	방식
1	전자연동장치↔폐색정보전송 역장치	Dry Contact
2	폐색정보전송 역장치↔폐색정보전송 현장장치	이중화 광통신
3	폐색정보전송 현장장치↔궤도회로	Dry Contact

다) 전자연동장치와 폐색정보전송장치(역장치용) 인터페이스 사양

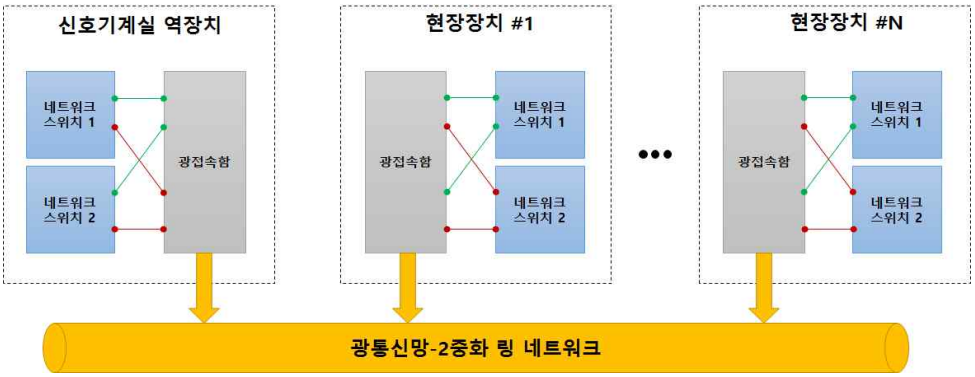
기존 ABS로부터 입력받는 궤도 정보와 폐색정보전송장치 역장치의 인터페이스 계전기로부터 입력받는 궤도 정보를 모두 전자연동장치와 연결한다. 아래 그림과 같이 실제 폐색 궤도는 5개인데 전자연동장치는 폐색궤도를 10개(ABS+폐색정보전송장치)로 인식한다. 이는 ATP로 데이터를 전송할 때 엘리먼트 리스트에 폐색정보전송장치의 궤도정보만 입력하여 전송하게 된다.



[그림 3-99] 전자연동장치와 폐색정보전송장치(역장치용) 인터페이스 구성도

라) 폐색정보전송장치(역장치용)와 폐색정보전송장치(현장장치용) 간 인터페이스 사양

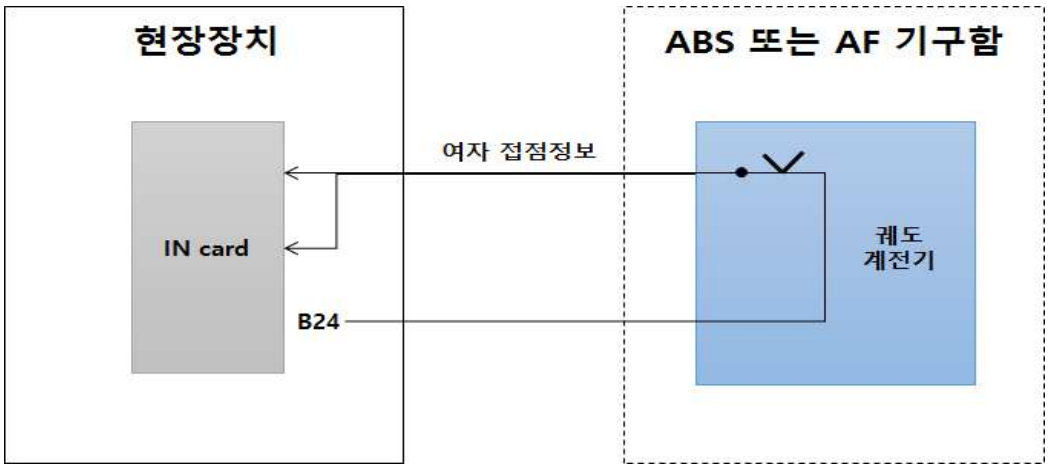
폐색정보전송장치 역장치용과 현장장치간은 광통신을 이용하여 궤도정보를 전송받는다. 역장치용과 각 현장장치용은 2중계 통신회선을 구성하기 위하여 2개의 네트워크 스위치가 장착되어 있으며 각 네트워크 스위치는 광점퍼코드를 이용하여 광접속함에 연결된다. 이를 통해 2중화 광통신 링 네트워크를 구성한다.



[그림 3-100] 역장치용과 현장장치용 간 인터페이스 구성도

마) 폐색정보전송장치(현장장치용)와 궤도회로 간 인터페이스 사양

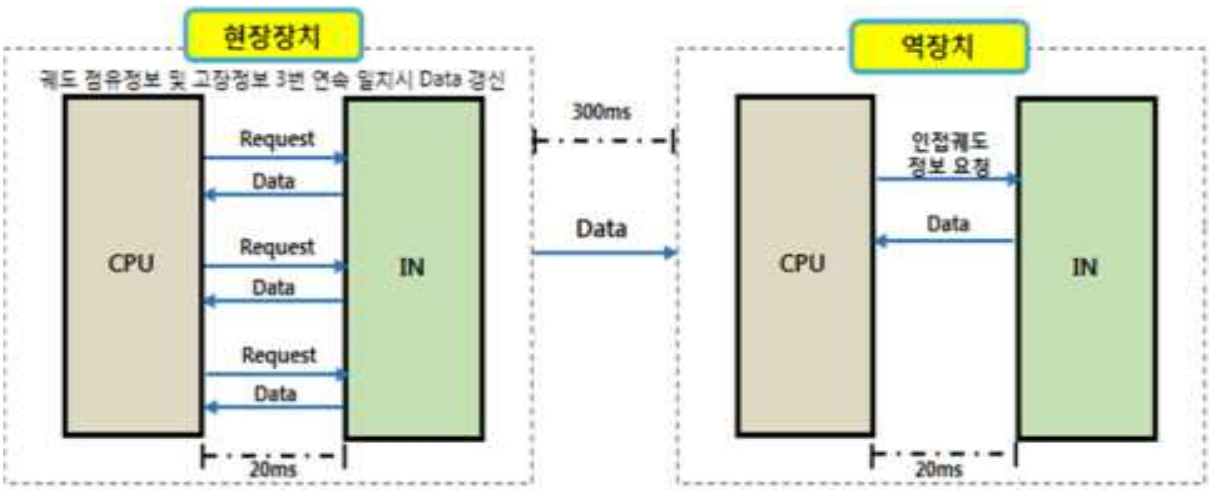
폐색정보전송장치 현장장치용이 궤도 점유 정보를 수신하기 위하여 아래 그림과 같이 ABS 또는 AF 궤도회로 기구함 내의 궤도계전기의 여자 접점을 현장장치의 IN 카드로 입력받는다. 이 때 접점 정보를 이중으로 개별 입력받아 궤도 정보의 입력 오류에 대한 안전성을 확보한다.



[그림 3-101] 폐색정보전송장치(현장장치)와 AF 궤도회로 간 인터페이스 구성도

바) 폐색정보전송장치 데이터 시퀀스 및 통신 속도 정의

폐색정보전송장치 역장치용과 현장장치용은 2중으로 개별 입력 받은 데이터를 두 개의 필드에 나누어 전송한다. 현장장치 내 모듈에서 주기적으로 점유정보를 Access하고, 동일한 데이터가 3번 이상 수신되면 데이터를 갱신하며 Polling 없이 UDP broadcast 방식으로 300ms 주기로 입력받은 궤도 점유정보를 역장치로 전송한다.



[그림 3-102] 폐색정보전송장치 데이터 시퀀스 및 통신 속도 정의

사) 폐색정보전송장치 장치 간 메시지

현장장치용에서 역장치용으로 전송하는 전문의 데이터 필드는 DATA1, DATA2로 구성되며 궤도 점유정보를 개별적으로 2중으로 입력받아 DATA1과 DATA2가 동일한 값일 경우에만 정상으로 판별한다. 장치 간 송·수신 메시지는 아래 표와 같다.

[표 3-37] 폐색정보전송장치 장치 간 메시지

현장장치용 → 역장치용

순서	내용	데이터	크기
1	STX	0x02 : 프로토콜의 시작	1byte
2	LEN	LEN = STX – ETX까지 데이터 전체길이를 나타냄 : 0x08	1byte
3	TX_ID	Rotary Switch에 따른 전송 ID : 0x0X	1byte
4	SQN	SQN = 0X81~0XFF 데이터 보내는 순서에 따라 순차적으로 증가	1byte
5	DATA1	궤도정보 1 : - 0x00 : 궤도 점유 - 0x01 : 궤도 비점유	1byte
6	DATA2	궤도정보 2 : 궤도정보 1 반전 - 0xFF : 궤도 점유 - 0xFE : 궤도 비점유	1byte
7	BCC	STX~BCC 앞까지 BCC연산값	1byte
8	ETX	0x03 : 프로토콜의 끝	1byte

현장장치용 간 (데이터 요청)

순서	내용	데이터	크기
1	STX	0x02 : 프로토콜의 시작	1byte
2	LEN	0x07 : STX – ETX까지 데이터 전체길이를 나타냄	1byte
3	TX_ID	0x21 : CPU모듈의 ID	1byte
4	RX_ID	수신하는 모듈의 ID - IN : 0x22 / - OUT : 0x23	1byte
5	OP CODE	0x58 : 데이터 요청 코드	1byte
6	BCC	STX~BCC 앞까지 BCC연산값 (2byte)	1byte
7	ETX	0x03 : 프로토콜의 끝	1byte

현장장치용 간 (응답)

순서	내용	데이터	크기
1	STX	0x02 : 프로토콜의 시작	1byte
2	LEN	0x08 : STX – ETX까지 데이터 전체길이를 나타냄	1byte
3	SEND_ID	송신모듈의 ID - IN : 0x22 / - OUT : 0x23	1byte
4	REC_ID	0x21 : 수신하는 모듈의 ID	1byte
5	DATA1	궤도정보 1 : - 0x00 : 궤도 점유 / - 0x01 : 궤도 비점유	1byte
6	DATA2	궤도정보 2 : 궤도정보 1 반전 - 0xFF : 궤도 점유 / - 0xFE : 궤도 비점유	1byte
7	BCC	STX ~ BCC 앞까지 BCC연산값 (2byte)	1byte
8	ETX	0x03 : 프로토콜의 끝	1byte

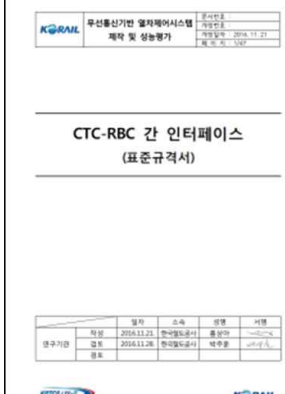
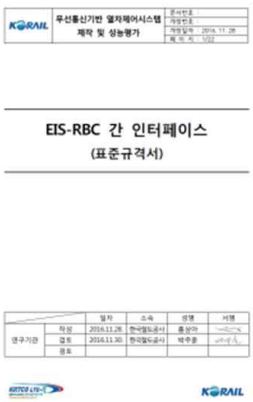
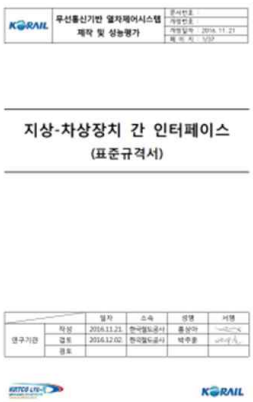
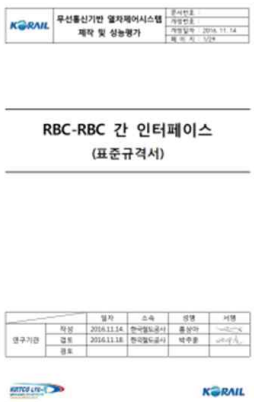
아. 인터페이스 표준규격서 작성

KRTCS-2 개발을 위한 시스템 규격 및 인터페이스 규격은 앞장에서 기술한 내용과 같이 시스템 사양은 유럽의 ERTMS/ETCS SUBSET 규격을 따라 개발하고 CTC, EIS 등 인터페이스 규격이 정의 되어 있지 않은 장치와 최초로 사용하는 LTE-R을 이용한 차상장치와의 접속은 본 연구에서 표준규격을 작성하였다.

1) 시스템 개발을 위한 인터페이스 표준규격서 작성

시스템 개발을 위해 필요한 인터페이스 규격은 [표 3-38]과 같이 4가지로 구성된다. 최초 규격은 관련 기술, 절차, 규격 내용을 조사하여 초안을 작성하고 참여기업과 기술검토를 거쳐 수정하였다. 최종 사용자 의견을 반영하여 보완하였으며, 현차시험에서 발생한 문제점에 대해 참여기업의 의견을 받아 3차 보완하는 단계를 거쳐 작성되었다.

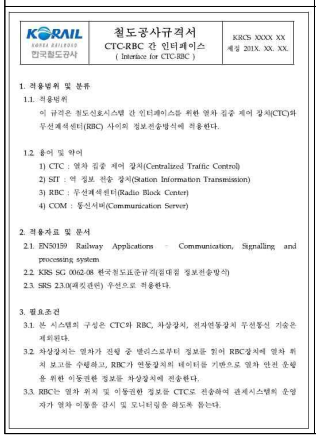
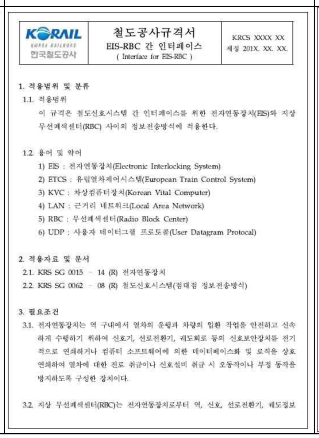
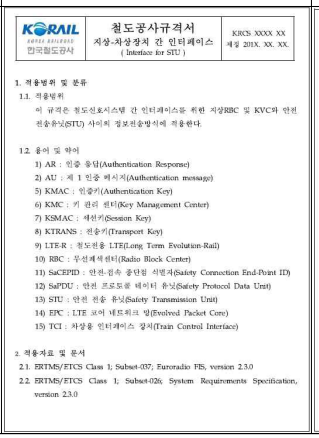
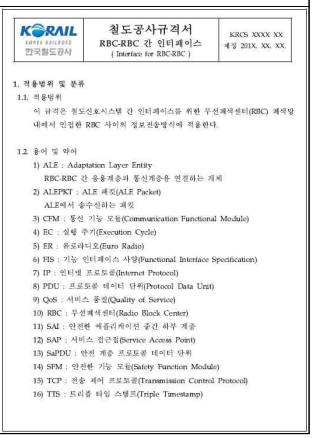
[표 3-38] 시스템 개발을 위한 인터페이스 사양서

CTC-RBC 인터페이스	EIS-RBC 인터페이스	KVC-RBC 인터페이스	RBC-RBC 인터페이스
			

2) 철도공사규격서(KRCS) 작성

시스템 개발을 위해 작성한 인터페이스 사양을 철도공사규격서(KRCS)의 형식에 맞도록 작성하여 등록을 진행하였으나 KRCS는 철도공사에 한정되는 규격으로 한국철도표준규격(KRS)으로 등록해야 철도공사, 철도공단, SR 등 철도건설 및 운영기관에서 사용할 수 있다는 사전 평가 의견에 따라 KRS 및 KRSA에 인퍼테이스 규격 내용을 포함하여 등록을 진행 중에 있다.

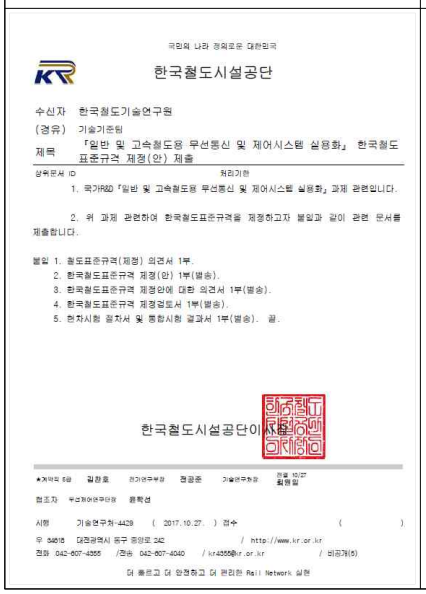
[표 3-39] 철도공사규격서(KRCS)

CTC-RBC 인터페이스	EIS-RBC 인터페이스	KVC-RBC 인터페이스	RBC-RBC 인터페이스
			

3) 한국철도표준규격(KRS) 제정 요청 및 철도공단 표준규격(KRSA) 심의

본 연구 성과물를 사용하여 전라선 시험사업을 진행 중에 있으며 발주를 위해 한국철도표준규격(KRS) 또는 철도공단 표준규격(KRSA)가 필요하다. KRS는 2017. 10. 27. 제정 요청한 상태로 현재 진행 중에 있고, KRSA 또한 1차 심의회를 진행하고 제정을 진행 중에 있다.

[표 3-40] 철도공사규격서(KRCS) 제정 요청

KRS 제정요청('17.10.27)	한국철도표준규격(KRS) 표지	철도공단 표준규격(KRSA) 표지
		

자. 지상장치 시작품 설치기준 실차시험 검증

열차제어시스템은 지상장치와 차상장치로 구분되며 지상장치는 관할 영역내 제어하는 차량의 수량은 설치기준에 중요한 변수 이다. 또한 고속선, 일반선, 전동차 운행선의 궤도회로, 선로전환기, 신호기, 진로제어 및 폐색길이 등이 상이하여 설치기준을 확정하기는 어렵다. 그래서 해외 RBC 제작사의 제어거리를 조사하여 신규 사업을 위한 개략적인 설치기준으로 제시한다.

[표 3-41]은 RBC 제작사의 열차제어 대수를 조사한 내용으로 SIMENS의 Trainguard 200 RBC 및 ALSTOM의 ATLAS Trackside RBC 제품은 최대 열차 제어수는 60대이고, BOMBADIER의 EBICom 2000은 2014년 모델로 90대의 열차를 제어할 수 있었다. EBICom 2000의 세부 사양은 다음과 같다.

[표 3-41] RBC 제작사별 열차 제어 수량

제작사	최대제어 열차 수(대)	비고
SIMENS	30 ~ 60	Trainguard 200 RBC
ALSTOM	~ 60	ATLAS Trackside RBC
AnsaldoSTS	~ 30	
BOMBADIER	~ 90	EBICom 2000

- 열차 제어 : 90개(동시에 10대 열차 핸드오버 가능)
- 최대 열차속도 : 380㎞/h
- 진로 수용 : 500개, 임시제한속도 300개 지정 가능
- 건널목 제어 : 10개
- 아이콘(발리스, 신호기, 궤도회로, RBC, 경계지역 등) 수용 : 6,000개
- 기타 : 최소 5개 CTC와 연결, 인접한 10개 RBC와 연결 가능

[표 3-42]는 현재 운행 중인 ETCS Level 2 구간의 RBC 제어거리를 조사한 내용이다. 일반선의 경우 약 40㎞, 고속선의 경우 약 60㎞의 제어거리를 보이고 있다. 이것은 동일한 RBC 제품을 사용할 경우 고속선은 폐색거리가 길고 일반선에 비해 선로전환기, 신호기, 궤도회로 등 제어 시설의 수량이 적기 때문이다. 또한 스웨덴의 경우 서버를 사용하여 RBC를 제작하여 250㎞를 제어하는 경우도 있었다. 또한 [표 3-41], [표 3-42]에서 보듯이 선로의 복잡성에 따른 전보전송량을 보면 역구내가 복잡한 용산역의 경우 전송정보량 587byte, 일반역인 경산역의 경우 186byte 이다. 이것은 큰 역이 많을 경우 제어거리가 줄어든다는 것을 의미한다.

이처럼 RBC의 설치기준은 운행 선구에 따라 차이가 많이 발생할 수 있어서 개략적인 설치기준은 일반선의 경우 약 40㎞, 고속선의 경우 약 60㎞으로 하는 것이 적정할 분석된다.

[표 3-42] ETCS Level 2 RBC 제어거리

구분	국가	구간	선로형태	길이 [km]	RBC [대]
일반철도	스위스	Bern-Olten	복선	45	1
		LotschbergBasislinie	복선	35	1
	네덜란드	Rottredam-Genoa	복선	150	3
	독일	Teltow - Ludwigsfelde	복선	14	1
		Ludwigsfelde - Juterbog	복선	39	1
		Juterbog - Halle/Leipzip	복선	100	2
		L4	복선	40	2
	합계			423	11
	평균 [km]			38.5	
고속철도	스페인	La Sagra - Toledo	복선	21	1
		Lieida - Barcelona	복선	176	4
		Madrid Lleida	복선	470	5
		Madrid - Valladolid	복선	184	3
	네덜란드	Rottredam Northern Line	복선	43	1
		Rottredam Southern Line	복선	45	1
	합계			939	15
	평균 [km]			62.6	

3. 시작품 제작 및 지상/차상 시험인프라 구축

가. 시험인프라 구축 계획

본 연구의 350㎞/h에서 열차제어기능을 확인하는 것이 목표로 현재 영업운행을 하는 차량으로 시운전을 할수 없는 상황이다. 또한 기준 운행선의 ATP(ETCS L1)과의 호환성 시험을 시행하는 것도 중요한 검증 내용이다. 이러한 시험을 충족시키기 위하여 내·외부 회의를 시행하여 350㎞/h에 대한 시험은 HEMU-430X를 사용하여 호남고속선에서 시행하는 것으로 하였다. 기존선 구간 ATP와 상호호환성 시험선은 별도의 LTE-R 철도망을 설치할 필요가 없고, ATP 전용구간인 강릉선을 시험선로 선정하였다. 또한 강릉선 시험차량에 대한 협의 결과 운행차량 부족으로 DL기관차를 시험열차로 선정하여 철도차량기술기준, 내부 규정 등을 분석하여 다양한 시험을 수행하는 것으로 계획을 수립하였다. 시험운행 중 국토교통, 한국철도공사, 한국철도공단, 한국철도기술연구원, 안전성 인증기관, 전문가로 구성된 실용화 지원협의체에서 HEMU-430X에 대한 강릉선 시운전 요청이 있어 추가 시험을 시행하였다.

[그림 3-103]은 호남고속선 및 강릉선 현장시험 계획을 수립한 문서로 운행선로에서 신규 설치하는 시설물에 대한 안전성 검증, 시운전 차량에 대한 안전대책, 유지보수 등 종합적인 계획으로 이 문서를 근거로 시험인프라 설치, 시운전 명령 등 절차를 진행 한다.

실제 시운전은 유지보수, 철도시설공단 작업, 공사 등 분야별 차단작업으로 매월 운행 스케줄 협의하여 시행한다. 월 4~6회의 시운전을 시행 할 수 있었다.



KORAIL

책임연구원	수석연구원	기술연구처장	연구원장
박주훈			01/19 환광덕

문서번호	기술연구처-130
보존기간	10년 공개
보고일자	2017.01.17.

협조: 신호제어처장 선로관리처장

무선통신기반 열차제어시스템(KRTCS-II)
현 장 설 치 시 험 계 획 (안)

2017. 1.

연 구 원
기술연구처

(a) 호남고속선 시험계획 수립(2017.1.19.)

KORAIL

책임연구원	수석연구원	융합기술연구처장	철도과학기술연구원장
박주훈	출장		11/10

문서번호	융합기술연구처-2477
보존기간	10년 비공개(5)
보고일자	2017.11.09.

협조: 차세대신호처장 통신시스템처장 일반차량처장 수송시스템처장 정영찬

「무선통신기반 열차제어시스템 제작 및 성능평가」
경강선(만종~횡성) 현장시험 계획(안)

2017. 11.

한국철도공사 철도과학기술연구원
(융합기술연구처)

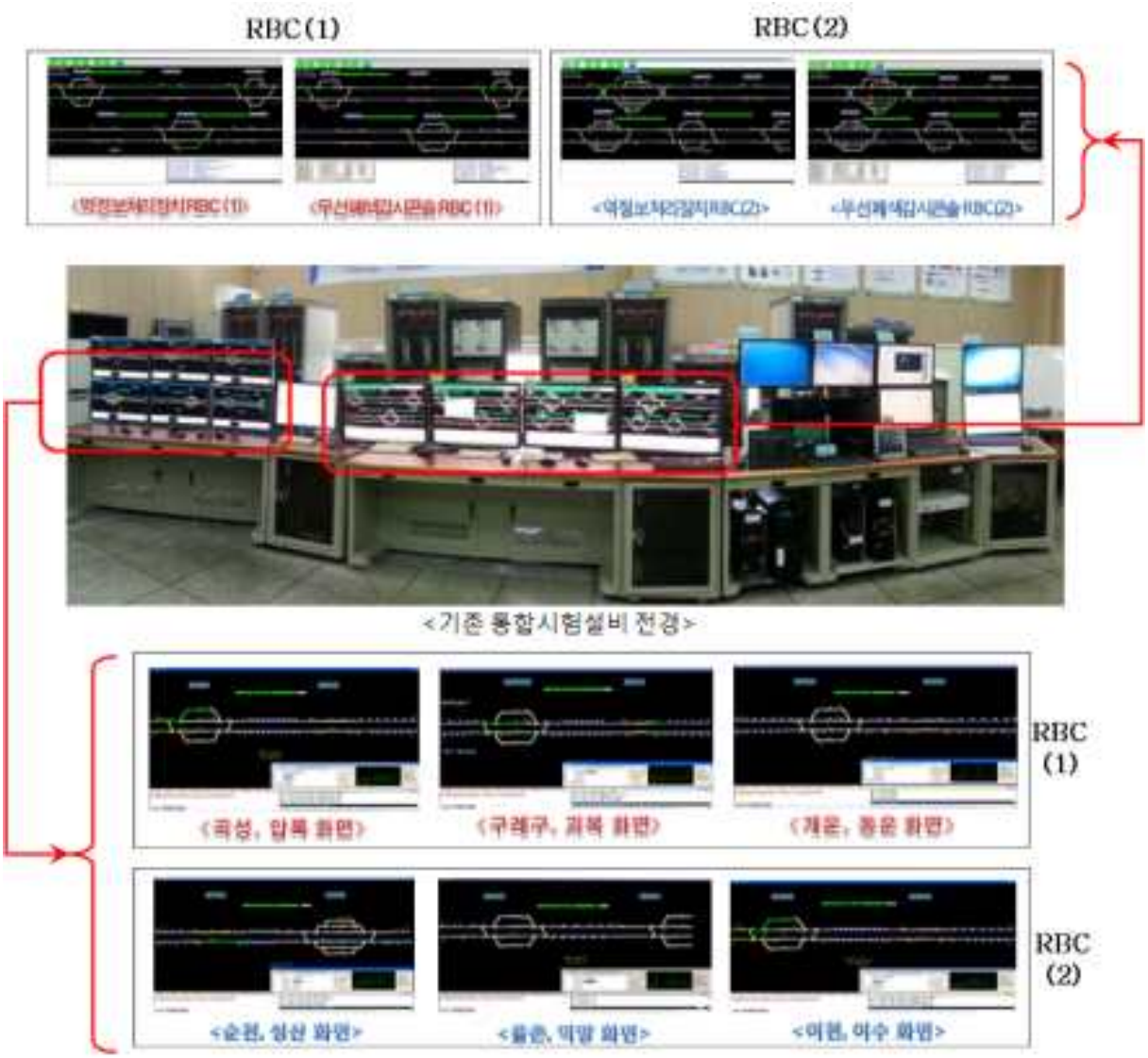
(b) 강릉선 시험 계획 수립(2017.11.10.)

[그림 3-103] 호남고속선 및 강릉선 시험운행 계획 수립

나. 통합시험실 구축

1) 기존 통합시험실 현황

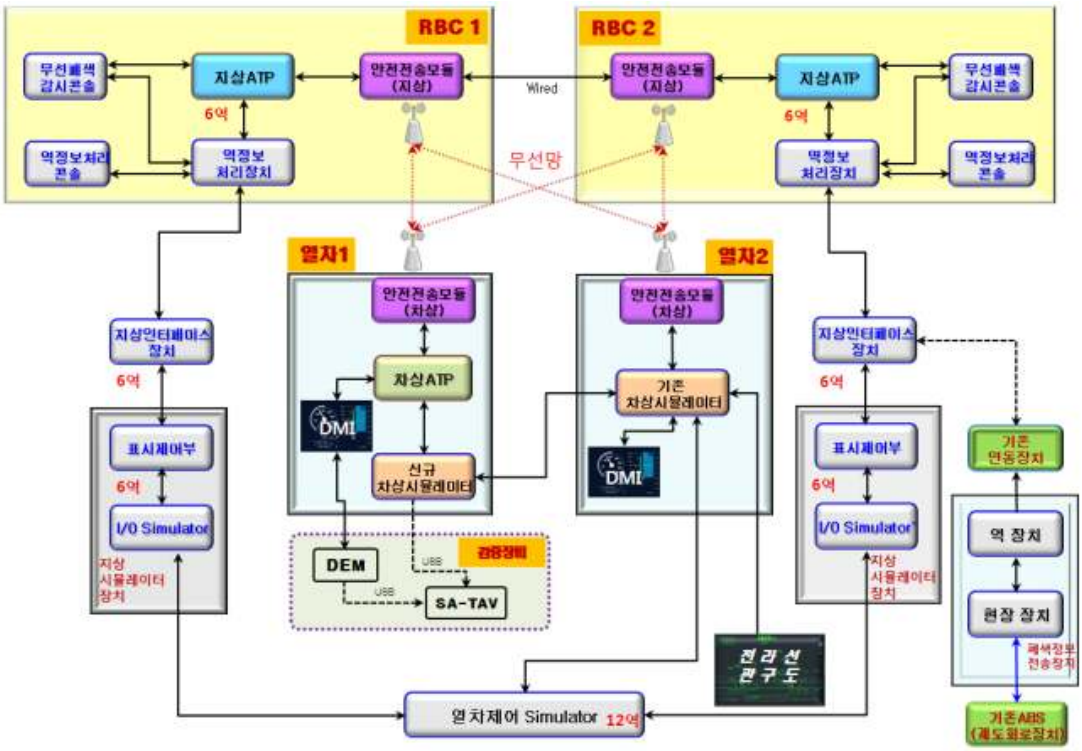
유경제어(주) 신관 5층에 구축된 기존 통합시험설비는 선행 연구과제 중의 하나인 『ETCS Level 2 핵심기술 개발』 과제 수행을 통해 구축되었으며, ETCS Level 1 시스템으로 설치된 전라선 12개역(곡성~여수) 구간을 ETCS Level 2 기반 데이터베이스를 적용하여 상호운용성 시험을 수행하였다.



[그림 3-104] 기존 통합시험설비 현황

기존 통합시험설비는 선로변 현장설비, 전라선 12개역을 고려한 신호기계실 설비, 곡성~동운까지의 6개역을 관할하는 RBC(1) 설비와 순천~여수까지의 6개역을 관할하는 RBC(2) 설비, 열차에 탑재되는 차상설비, ETCS 전문 검증 기관인 벨기에 멀티텔社에서 도입한 검증 설비로 구분된다. 기존 통합시험설비의 구성은 [표 3-43]과 같다.

[표 3-43] 기존 통합시험설비 구성 현황

<table>
<tr><th>구분</th><th>내용</th></tr>
<tr><td>구성도</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>설비별 구성장비</td><td>
<table>
<tr><th>구분</th><th>구성 장비</th></tr>
<tr><td>선로변 현장설비</td><td>폐색정보전송 현장장치</td></tr>
<tr><td>신호기계실 설비</td><td>지상시뮬레이터장치, 지상인터페이스장치, 폐색정보전송 역장치 등</td></tr>
<tr><td>RBC 설비</td><td>지상ATP장치, 역정보처리장치, 지상안전전송모듈, 무선폐색감시콘솔 등</td></tr>
<tr><td>차상 설비</td><td>차상ATP장치, 차상안전전송모듈, DMI 등</td></tr>
<tr><td>검증 설비</td><td>차상시뮬레이터, DEM, SA-TAV 등</td></tr>
<tr><td>기타 인터페이스 설비</td><td>열차제어시뮬레이터, 네트워크허브, Wi-Fi모듈 등</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

2) 통합시험설비 업그레이드 구축

본 과제의 참여하는 3개 컨소시엄사별 지상열차제어시스템(지상ATP) 및 차상열차제어시스템(차상ATP)은 일반 및 고속선 시험선에서의 현장시험을 수행하기 전 유경제어(주)의 통합시험설비에서 상호운용성 검증을 수행하고, 성공적인 시험 결과가 도출되어야 한다. 따라서 KRTCS-2 기반 열차제어시스템의 기능시험을 위한 일반 및 고속선 통합시험 시나리오 설계가 수행되었으며 그에 따른 통합시험설비 업그레이드 및 통합시험실 공간에 대한 업그레이드가 수행되었다.

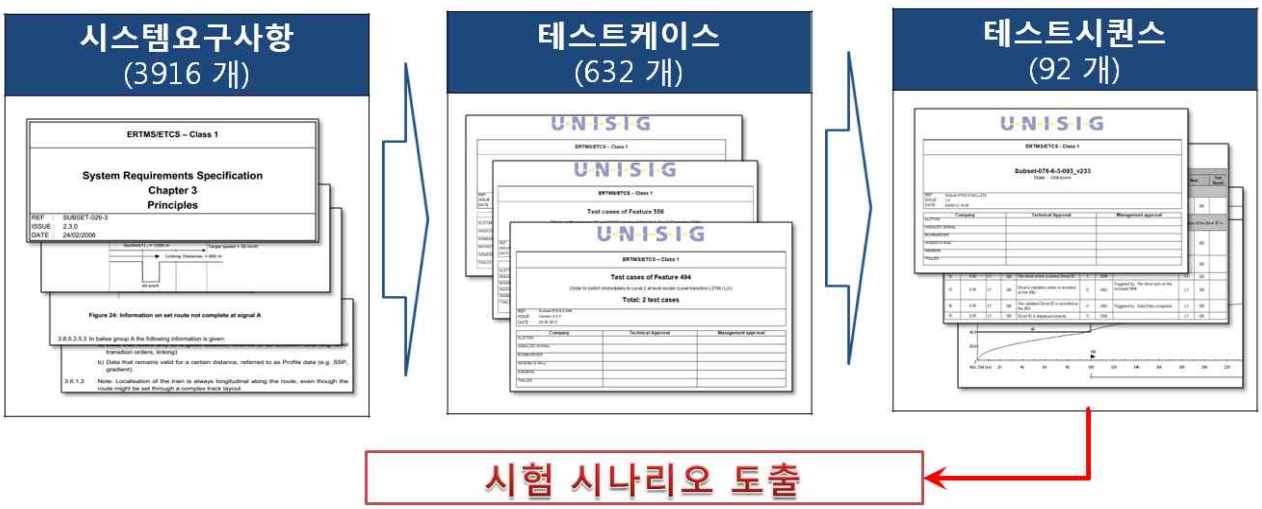
가) 통합시험실 업그레이드를 위한 사전 준비

(1) KRTCS-2 통합시험 시나리오 설계 준비

KRTCS-2 통합시험 시나리오는 시험선 및 SUBSET-026 사양에서 제시하는 요구사항을 시험실에서 검증하기 위한 ETCS Subset-076 사양에 기반한다. 따라서 [표 3-34]와 같이 Subset-076과 관련된 각각의 하위 요구사항을 분석하였으며 이에 기반한 KRTCS-2 통합시험 시나리오 설계 방안을 수립하였다.

[표 3-44] Subset-076 사양의 구조

구분	내용
SUBSET-076-0	테스트 계획 (Test Plan)
SUBSET-076-1	테스트 구조 (Test Architecture)
SUBSET-076-2	기능준비를 위한 방법론 (Methodology to prepare features)
SUBSET-076-3	시험을 위한 방법론 (Methodology of testing)
SUBSET-076-4	테스트시퀀스 생성 : 방법론과 법칙 (Test sequences generation, Methodology and rules)
SUBSET-076-5	기능 목록(Feature List), 테스트케이스(Test Cases), 용어집 SRS 추적
SUBSET-076-6	테스트시퀀스, 평가 및 검증, 차량 데이터
SUBSET-076-7	테스트 사양의 범위 (Scope of the Test Specification)



[그림 3-105] 테스트케이스 및 테스트시퀀스를 활용한 시험시나리오 도출

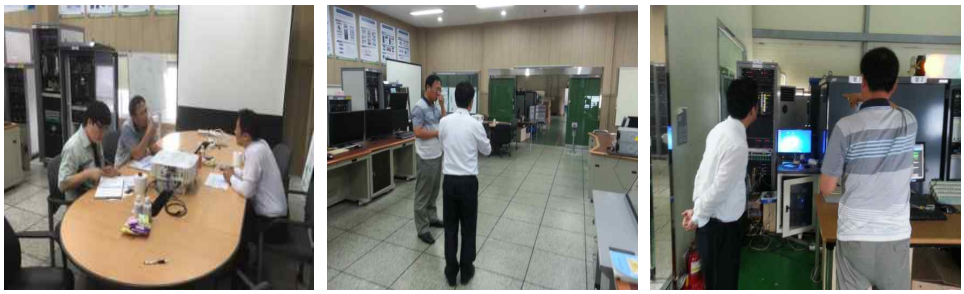
(2) 통합시험설비 고도화 구축 협의

본 과제의 3개 컨소시엄사별 지상 및 차상장비에 대한 통합시험 수행 예상 기간을 고려할 때 통합시험 기간 단축을 위한 방안으로 현재 유럽공인시험기관에서 사용 중에 있는 통합시험 로봇 자동화 설비 활용에 대한 협의를 진행하였다. 또한 차상ATP장치 제작사와의 협의를 통해 통합시험실 내 장치 구축 방안 및 일정 등 현안에 대한 협의를 수행하였으며 통합시험 및 기능 검증 절차에 대한 협동기관 및 연구단과의 협의를 수행하였다.

순번	협의 기관	협의 내용	참고그림
1	멀티텔	❍ 통합시험 자동화 시험설비 구축 및 인터페이스 구성 방안 협의 ❍ 구축 예상 일정 및 운영 방안 협의	
2	현대로템	❍ 통합시험설비와 차상ATP장치 간 인터페이스 현안 협의 ❍ 차상ATP장치 및 통합시험설비 운용 방안 협의	
3	연구단	❍ 호남 고속 시험선 시험 및 기능 시험 제공 방안 협의 ❍ 통합시험실의 지상인터페이스 구축 현안 협의	

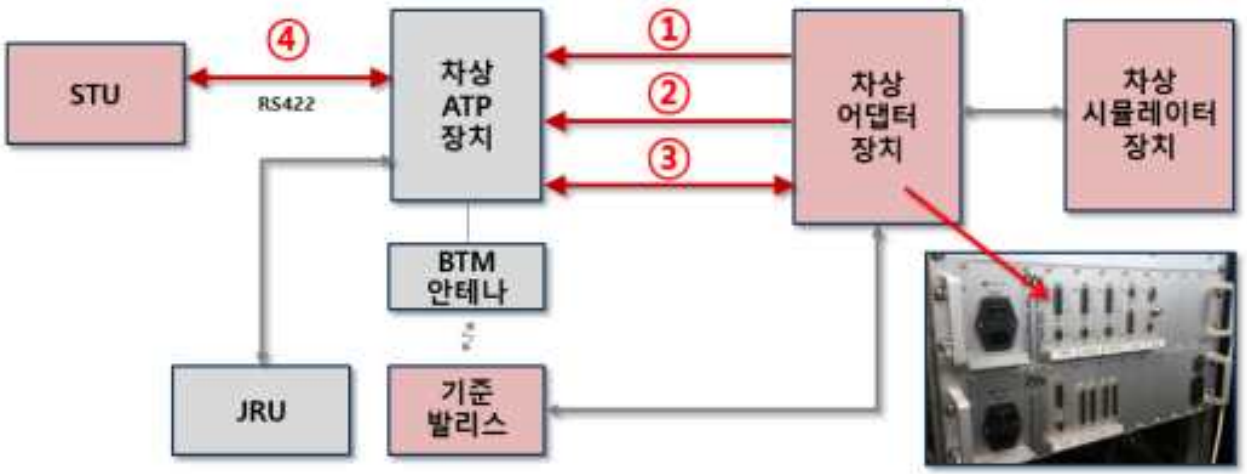
(3) KRTCS-2 통합시험실 공간 고도화 구축 협의

본 연구과제에 참여하는 ETCS 기반 지상열차제어시스템(지상ATP장치) 및 차상열차제어시스템(차상ATP) 제작사들의 현장시험 전 통합시험설비에서 상호운용성 검증을 위해 통합시험용 공간 고도화 구축에 대한 협의를 진행하였다.

협의 내용	참고그림
통합시험실 시험 공간 확장방안 및 전체 구조 설계 검토	

(4) KRTCS-2 통합시험실 인터페이스 구축 준비

통합시험 후 검증은 차상ATP장치 각 신호들의 추출된 로그를 분석하여 수행된다. 따라서 차상ATP장치의 TIU 입출력, Odometer, 도플러 레이더의 신호 정보 입력 및 안전전송유닛의(STU)의 무선 메시지를 암·복호화 인터페이스를 [그림 3-106]과 같이 준비하였다.



[그림 3-106] 차상ATP장치와 통합시험설비 간 인터페이스 구성도

나) KRTCS-2 통합시험실 업그레이드 구축 작업

(1) KRTCS-2 통합시험 시나리오 설계 작업

(가) 호남고속선 시험선 시나리오 설계

호남고속선 시험선 기본 시험은 유럽 공인 ERTMS/ETCS 장비 시험 기관인 멀티텔社가 차상 ATP장치의 기본 기능 구동을 시험 및 검증하기 위하여 설계한 총 11가지의 시나리오를 사용하며 각 시험 항목은 [표 3-45]와 같다.

[표 3-45] 기본 11가지 시험 시나리오 항목

NO	내 용	주요 동작 레벨
①	테스트벤치 소프트웨어와 KVC간 결합된 TIU어댑터 및 연결 테스트	레 벨 1
②	주행거리계 어댑터와 휠센서 신호 접속테스트	
③	발리스 인터페이스 테스트	
④	상용 제동 파라메터 및 연결에 대한 테스트	
⑤	비상 제동 파라메터 및 연결에 대한 테스트	
⑥	메인스위치 차단 연결 테스트	
⑦	판토그래프 연결 테스트	
⑧	열차기밀성 연결 테스트	
⑨	무선세션성립 테스트	레 벨 2
⑩	RBC 핸드오버 테스트	
⑪	무선링크감시 테스트	

기본 시험에서는 차상ATP장치의 열차운행에 필요한 총 49가지의 필수 테스트 케이스를 사용하여 차상ATP장치의 기본 구동을 검증하며 관련 테스트 케이스, 테스트시퀀스, 레벨 및 모드는 [표 3-46]과 같다.

[표 3-46] 11가지 기본 시험 시나리오 분석 내역

	ETCS Level 별 포함 수				ETCS Mode 별 포함 수																SUBSET-076 T.C.	SUBSET-076 T.S.
	0	1	2	STM	FS	OS	SR	SH	UN	SL	SB	TR	PT	SF	IS	NP	NL	SE	SN	RV		
합계	0	12	3	0	10	0	11	0	0	0	12	1	0	0	0	12	0	0	0	0	541.1 538.1 522.1 523.1 601.1 257.1 258.2 255.7 255.1 262.3 552.1 597.1 517.1 32.1 37.2 62.3 657.1 57.2 669.6 2.22 564.1 602.1 102.2 276.1 275.1 278.1 282.1 384.1 176.1 256.9 29.1 387.1 422.1 421.1 424.1 192.1 184.1 178.1 62.2 543.2 196.1 313.1 35.2 60.2 55.2 65.1 169.2 589.2 620.5	1 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 24 25 26 27 28 30 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100
																					총 49개	총 93개

고속선에 대한 지상-차상 간 통합시험은 호남고속선 시험선 구간 시나리오를 적용한다. 통합시험을 위한 호남고속 시험선 구간은 아래 그림과 같이 익산역 직후 89km 지점부터 송현

제2터널 158.15km 지점까지 약 69km 길이로 선정하였으며 열차는 ETCS Level 1에서 출발하여 ETCS Level 2로 전환하는 기능 및 ETCS Level 2에서 시험을 시행하여 ETCS Level 1으로 전환하여 운행을 종료한다.



[그림 3-107] 호남 고속 시험선 구간 시나리오 구성도

호남고속선 시험선 구간 시나리오를 적용하기 위해서 호남고속 시험 구간의 궤도, 발리스, 분기구간, 구배, 곡선 등의 선로선형 데이터베이스가 사전에 차상시뮬레이터에 적용되었다. 시험선 구간의 모의 주행은 호남고속 구간의 실제 위치가 적용되며, 각 위치별 시험 시나리오는 [표 3-47]과 같다.

[표 3-47] 호남 고속 시험선 구간 시나리오 주요 동작

번호	지점	길이	평균 속도	주요 동작
1	158.150km~157.984km	0.17km	약 25km	레벨1, SR모드 주행 시작
2	157.984km~132.606km	25.38km	약 200km	레벨1 이동권한 획득 및 FS 모드 진입
3	132.606km~131.742km	0.86km	약 250km	레벨2 전환 예고 후 레벨 2 전이 발리스까지 주행
4	131.742km~129.937km	1.81km	약 320km	레벨2 전환 및 핸드오버 예고 발리스까지 주행
5	129.937km~124.430km	5.51km	약 350km	RBC 핸드오버
6	124.430km~105.640km	18.79km	약 300km	RBC 핸드오버 이후 레벨1 전이 예고 발리스까지 주행
7	105.640km~105.140km	0.50km	약 250km	레벨1 전이 예고 후 레벨1 전이 발리스까지 주행
8	105.140km~89.000km	16.14km	약 150km	레벨1 전환 이후 운행종료지점까지 주행

(나) 강릉선 시험선 시나리오 분석 및 설계

강릉선 시험선 구간의 현차시험 전 통합시험실에서 차상ATP장치의 레벨2 요구사항을 시험하기 위하여 테스트시퀀스의 레벨2에 해당하는 필수 운행 항목들을 선정하였으며 선정된 테스트시퀀스에 포함된 개요와 각 시험 단계의 레벨, 모드를 분석하였다.

테스트시퀀스 1~25

TS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
L0	0		0	38	15	0	0	199	168	9	10	13	15	17	93	64	51	9	45	54	52	0		433	253
L1	0		0	169	0	0	0	178	248	13	24	18	81	0	538	80	69	0	474	50	254	0		508	327
L2	416		131	93	315	83	62	216	141	45	46	44	94	46	0	123	124	94	168	164	265	253		184	158
LSTM	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0

테스트시퀀스 26~50

TS	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
L0	64	531	442		54		187	9	63	56	47	0	47	212	46	125	129		551	0	285	91	268	0	0
L1	71	394	474		57		210	0	169	254	79	0	34	211	50	429	70		544	112	349	250	428	0	0
L2	76	1	330		64		76	61	1	8	168	144	136	168	149	139	24		7	492	260	206	391	71	61
LSTM	0	0	0		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0

테스트시퀀스 51~75

TS	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
L0	0	97	0	214			115	0	0	0	173	0	22	14	0	19	25	18	232	75	0	0	0	0	0
L1	36	345	157	205			198	60	61	0	108	341	265	65	314	390	331	282	478	80	0	124	0	0	205
L2	232	515	39	140			184	234	180	203	0	0	0	662	40	0	0	0	109	715	787	207	350	293	347
LSTM	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0

테스트시퀀스 76~100

TS	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
L0	90	18	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	74	0	17	52	36	6	40	0	98	0	208	0	53
L1	234	156	397	135	420	50	302	292	417	192	85	0	68	0	0	220	430	323	268	252	174	196	15	0	275
L2	188	117	804	153	31	131	90	82	1	120	67	451	235	279	146	96	130	220	215	165	337	68	417	345	90
LSTM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

[그림 3-108] 테스트시퀀스 레벨분포 및 선정 항목

[표 3-48] ETCS SUBSET-076 테스트 시퀀스 레벨 및 모드 분석

테스트 시퀀스	ETCS Level 별 포함 수				ETCS Mode 별 포함 수															
	0	1	2	STM	FS	OS	SR	SH	UN	SL	SB	TR	PT	SF	IS	NP	NL	SE	SN	RV
1	0	0	416	0	26	152	0	50	0	0	140	27	19	0	0	2	0	0	0	0
5	15	0	315	0	19	0	139	2	0	0	77	0	0	0	0	3	0	0	0	90
8	199	178	216	0	0	239	0	18	162	0	55	117	0	0	0	2	0	0	0	0
20	54	50	164	0	60	12	0	34	37	0	58	65	0	0	0	2	0	0	0	0
36	47	79	168	0	48	30	20	37	45	0	63	38	10	0	0	3	0	0	0	0
46	285	349	260	0	481	0	0	0	286	0	76	0	0	0	0	7	0	0	0	44
47	91	250	206	0	222	0	50	10	78	0	75	70	33	0	0	9	0	0	0	0
51	0	36	232	0	0	0	12	0	0	16	220	0	0	0	0	4	16	0	0	0
52	97	345	515	0	233	0	135	49	82	0	103	175	178	0	0	2	0	0	0	0
57	115	198	184	0	141	0	69	22	111	0	111	13	4	0	0	3	0	0	0	23
60	0	0	203	0	0	0	30	0	0	0	93	42	21	0	0	1	16	0	0	0
72	0	124	207	0	262	0	23	0	0	0	36	9	0	0	0	1	0	0	0	0
74	0	0	293	0	157	0	0	18	0	0	116	0	0	0	0	2	0	0	0	0
75	0	205	347	0	448	0	24	0	0	0	62	12	4	0	0	2	0	0	0	0
76	90	234	188	0	134	18	90	14	90	0	67	67	30	0	0	2	0	0	0	0
88	74	68	235	0	65	0	69	0	69	0	118	18	9	0	0	3	0	0	0	26

지상 및 차상 통합시험을 위한 강릉선 시험선 시나리오는 [그림 3-109]와 같이 서원주역 직후 약 3km 지점부터 만종역, 횡성역을 포함하여 약 25km구간으로 구성되어 있으며 시험 시나리오에 따라서 열차는 레벨1구간 및 레벨2 구간을 주행하며 레벨전이, RBC 핸드오버, 입환, 임시속도 제한 등 해당 시나리오에서 요구되는 기능을 시험한다.



[그림 3-109] 강릉선 제2시험선 구간 조감도

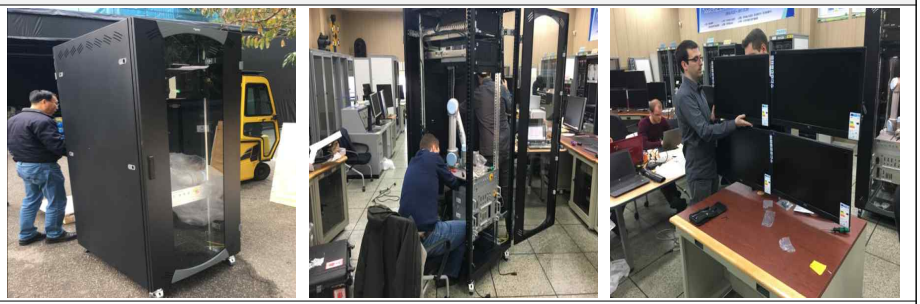
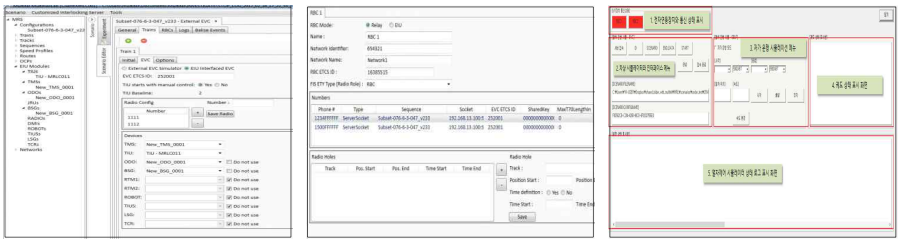
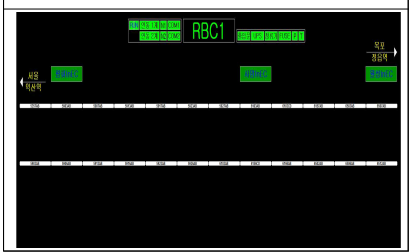
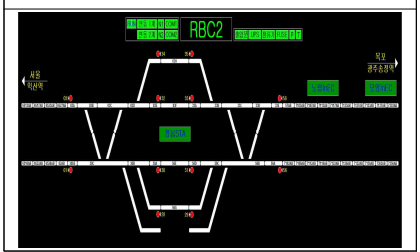
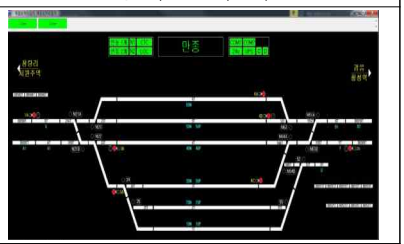
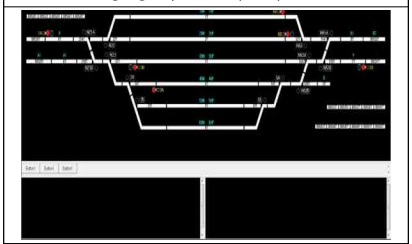
[표 3-49] 강릉선 시험선 구간 지상 데이터베이스 구축

구분	시험 내용	주요 기능
1	만종역 → 횡성역 하선 주행 시험	링킹, 레벨전이, RBC 핸드오버, 이동권한 수신 등
2	횡성역 → 만종역 상선 주행 시험	링킹, 레벨전이, RBC 핸드오버, 이동권한 수신 등
3	만종역 부본선 진입 및 레벨2 입환 시험	링킹, 레벨전이, 레벨2 입환 등
4	횡성역 부본선 진입 및 레벨2 입환 시험	링킹, 레벨전이, 레벨2 입환 등
5	만종역 부본선 레벨2 시작 및 주행 시험	링킹, 레벨2 시작, RBC 핸드오버 등
6	횡성역 부본선 레벨2 시작 및 주행 시험	링킹, 레벨2 시작, RBC 핸드오버 등
7	만종역 → 횡성역 하선 주행 시험	임시속도제한, 이동권한 축소, RBC 핸드오버 등

(2) KRTCS-2 통합시험설비 고도화 구축 작업

통합시험설비 고도화 구축 협의에 따라 통합시험용 시뮬레이터, DMI 로봇 자동화 설비, 시험검증도구(SA-TAV), JRU, 및 CTC 시뮬레이터를 [표 3-50]과 같이 구축하였다.

[표 3-50] 통합시험설비 구축 작업

구분	내용	이미지
1	DMI 로봇자동화 장비 운반 및 구축	
2	시험 검증도구 구축 (SATAV)	
4	통합시험 시뮬레이터 구축	
6	시험용 JRU 및 차상용 어댑터 구축	
7	호남고속선 시험선 구간 화면 구축	익산역 설계 화면  정읍역 설계 화면 
8	강릉선 시험선 구간 화면 구축	만종역 설계 화면  횡성역 설계 화면 

(3) KRTCS-2 통합시험실 공간 및 지상, 차상 인터페이스 고도화 구축 작업

통합시험실 공간 고도화 구축 협의 및 지상, 차상ATP장치 인터페이스 구축 협의에 따라 유경제어(주) 통합시험실을 아래와 같이 구축하였다.

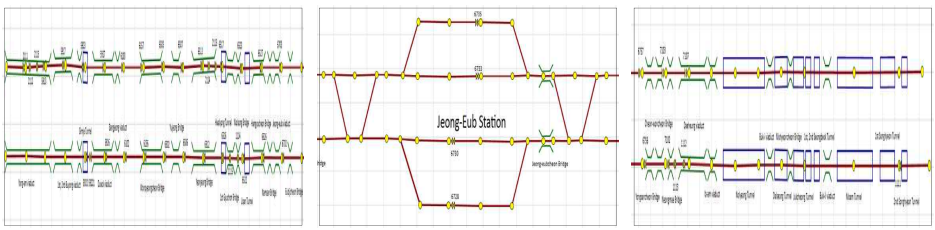
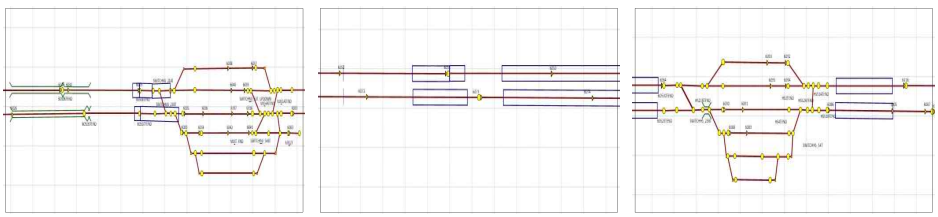
내용	이미지
통합시험실 공간 고도화 구축 작업	
차상ATP장치 인터페이스 구축	

다) KRTCS-2 통합시험실 구축 결과

(1) 최종 통합시험 시나리오 구축 결과

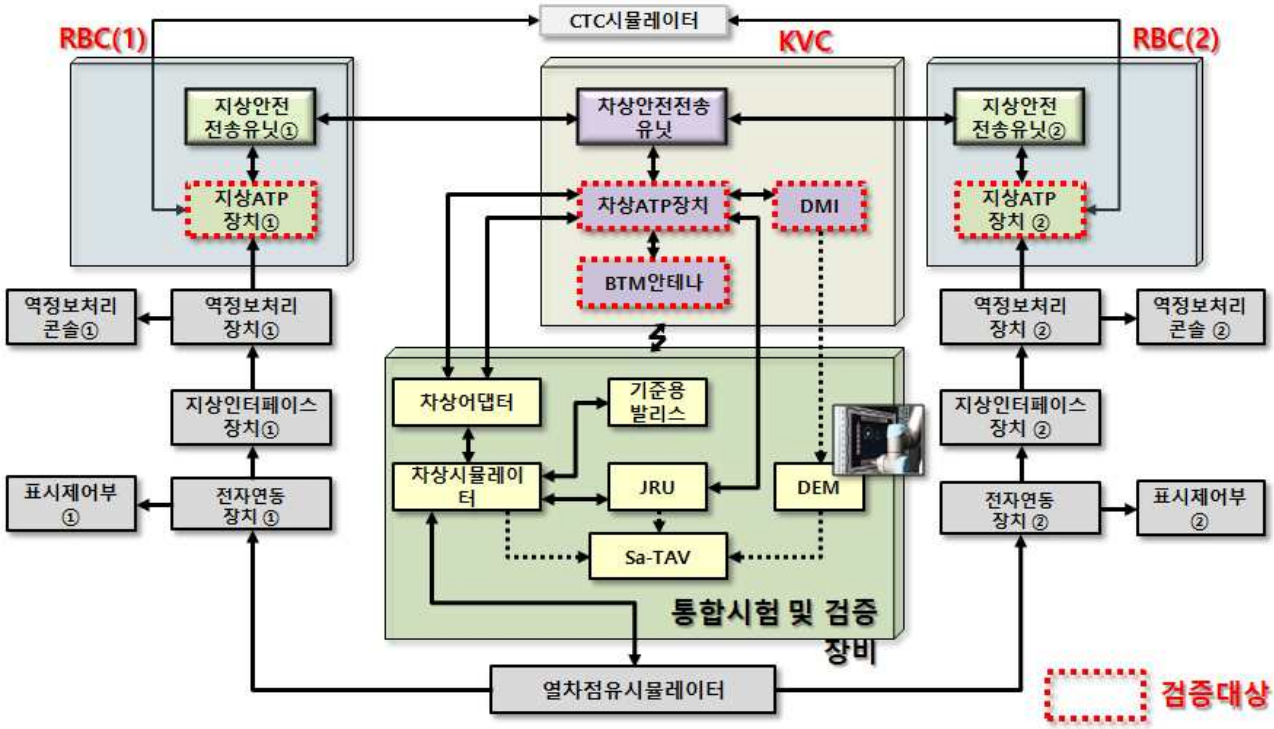
KRTCS-2 지상 및 차상장비의 성능시험을 위한 통합시험설비의 시험선로 데이터베이스를 아래와 같이 구축하였다.

[표 3-51] 최종 일반 및 고속선 시험선로 데이터베이스

구분	내용	이미지
1	호남고속선 시험선 구간 데이터베이스 구축	 <익산역> <정읍역> <모암IEC>
2	강릉선 시험선 데이터베이스 구축	 <만종역> <폐색구간> <횡성역>

(2) KRTCS-2 최종 통합시험실 구성도 및 고도화 구축 결과

고도화 업그레이드된 통합시험설비는 기존의 통합시험장비들과의 인터페이스가 구축 완료되었으며 아래 그림은 통합시험설비의 최종 구성을 나타낸다.



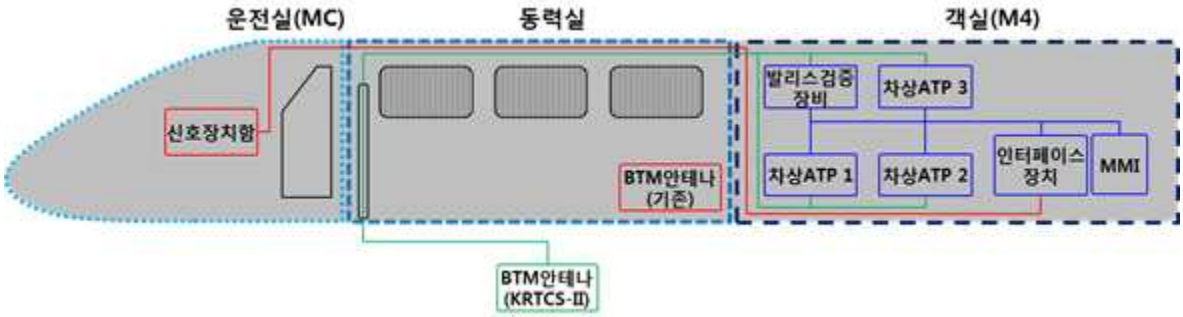
[그림 3-110] 최종 통합시험설비 구성도

통합시험실 구축 사진	통합시험실 고도화 업그레이드 사진
	

[그림 3-111] 통합시험실 구축 및 고도화 사진

다. 고속시험열차(HEMU-430X) 열차제어 인프라 구축

고속시험열차(HEMU-430X)는 호남고속선에서의 KRTCS-2 시스템을 이용한 Level 전이 및 RBC간 핸드오버, 최고속도시험 등 현장시험을 위한 해무차량 개조를 수행하였다. 해무차량은 총 6량으로 구성되어있으며 그중 M4객실 및 MC 하부, 인터페이스 장치에 대하여 개조를 실시하였다.



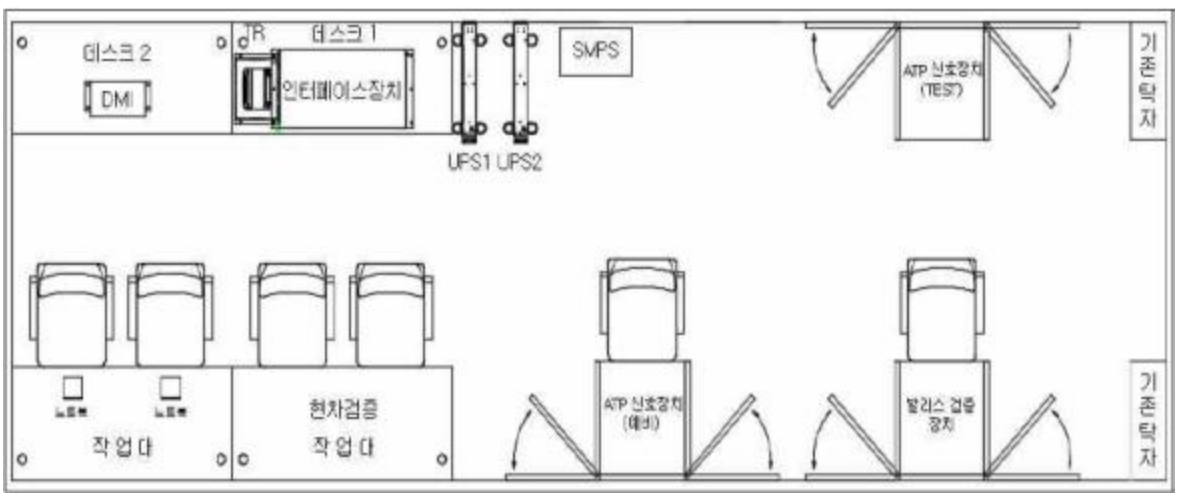
[그림 3-112] 고속시험열차(HEMU-430X) 개조 구성도

1) 개조 내용

[표 3-52] 고속시험열차 개조 내용

항목	내용
시험차량 객실 개조(M4)	- 객실의자 탈거 - 나무판 고정 - 각 제조사 별 차상ATP 설치 - 차량 간 홀 타공 및 배선
운전실 작업	- 차량회로 확인 - 차량 ATP 장치에 절체 스위치 설치
차량하부	- 각 제조사별 BTM 안테나 브라켓 및 안테나 설치 - 각 제조사별 안테나 케이블 포설 및 객실 내부 인입 작업
인터페이스 장치	- 인터페이스 장치 설치 - 인터페이스 장치 및 각 시스템에 투입할 전원 공급장치 설치 - 인터페이스 장치와 각 제조사 ATP 장치의 신호 케이블 연결

2) 시험차량 객실 개조



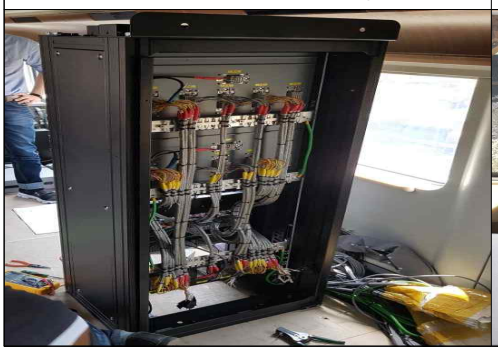
[그림 3-113] 고속시험열차 M4 객실 개조 설계도

해무차량 M4객실 철거는 객실의자 7줄 탈거[3좌석(소) 2개, 2좌석(소) 2개, 2좌석(중) 10개 탈거] 하였다. 해무차량 전원(AC440V, 1Ø)을 공급 받아 TR(Transformer)과 UPS(Uninterruptible Power Supply), SMPS(Switching Mode Power Supply)를 거쳐 시험장치(KVC)의 DC 전원과 인터페이스장치의 AC 전원으로 사용 했으나, 시험 시 안정화를 위하여 UPS, TR, SMPS 추가 설치하였다. 또한 받침판 고정볼트 및 객실내부 장치류 취부상태, 케이블 밀봉상태 등 유지보수 실시하였다. [그림 3-114]는 M4 객실 개조 전·후 사진이다.

개조 전(M4)	개조 후(객실의자 탈거)
	

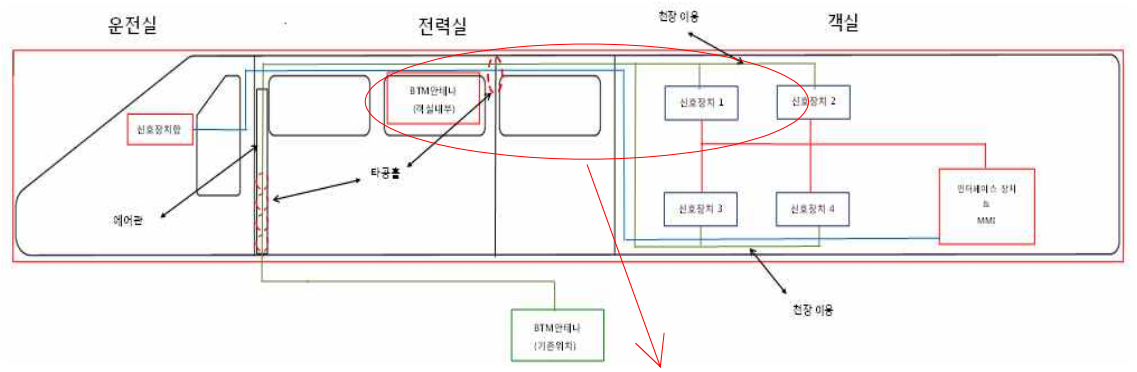
[그림 3-114] 고속시험열차 M4 객실 개조 전/후

3) 각 제조사 ATP 장치 설치

현대로템 신호장치	현대로템 DMI
	
LS산전 신호장치	LS산전 DMI
	
포스코건설 신호장치	포스코건설 DMI
	

[그림 3-115] 각 제조사별 차상장치 설치

4) 차량 간 홀 타공 및 케이블 포설



[그림 3-116] 객실 내부 및 외부 타공 위치 및 케이블 포설 위치

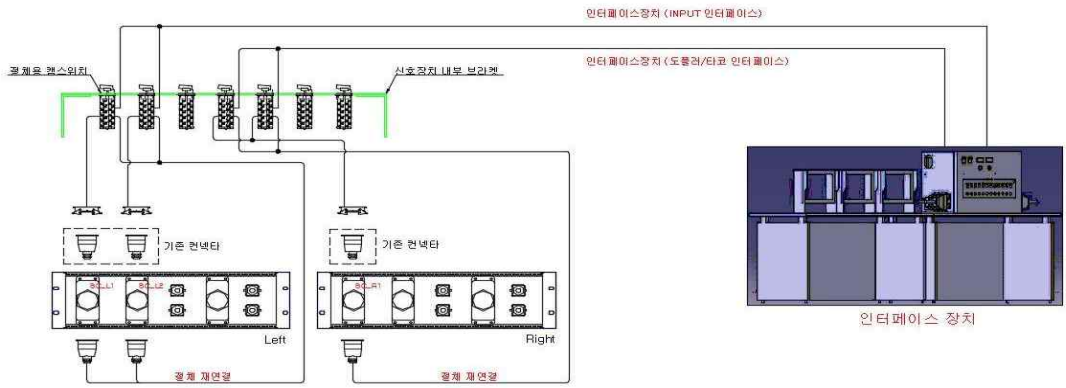


[그림 3-117] 케이블 포설 경로

케이블 포설 계획에 따라 외부의 에어관 타공 및 객실 내부를 타공하여 BTM 안테나 및 각종 통신 케이블 그리고, 전원케이블을 포설 경로에 따라 설치된 것을 볼 수 있다.

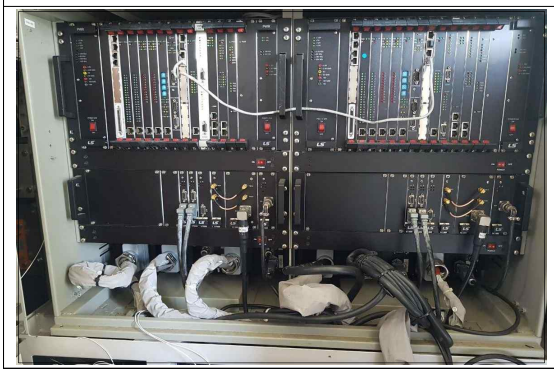
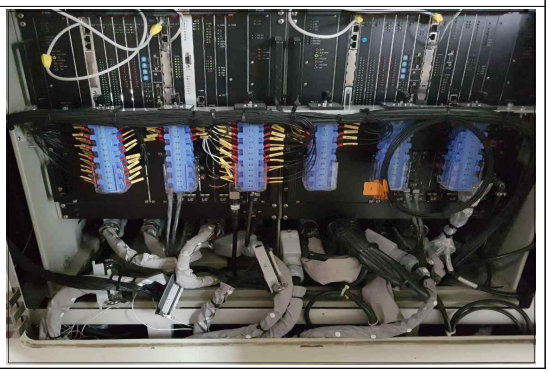
5) 운전실 작업

운전실에 위치한 ATP 장치에 절체 스위치를 부착하여 객실 내부의 인터페이스 장치에 신호를 전달할 수 있는 인프라를 제공한다. 절체 스위치는 절체와 원복으로 구분되며, 절체 시에는 차량 ATP장치의 2계의 신호를 인터페이스 장치로 제공하고, 원본 시에는 차량 ATP 장치의 2계로 신호가 복원되도록 설계되었다.



[그림 3-118] 절체 스위치 개념도

[그림 3-119]은 절체스위치 작업 및 하부 케이블 작업을 하기 전의 사진과 절체스위치를 설치하고 절체를 위해 하부 케이블을 절체스위치와 연결하여 인터페이스 장치로 ATP2계의 신호를 전달할 수 있도록 작업을 완료한 사진이다.

절체스위치 작업 전	절체스위치 작업 후
	

[그림 3-119] 절체 스위치 설치 사진

6) 인터페이스 장치



<인터페이스 장치>



<기존 신호장치 I/F 케이블 포설>



구분	내용	
	입력	출력
1	Cab Status 1	Emergency brake command +
2	Cab Status 2	Emergency brake command -
3	Direction controller Forward	Traction cut-off command
4	Direction controller Reverse	Zero speed detection
5	Service brake status	MCB open command
6	Isolation status	MCB close command
7	Sleeping mode	ATP status
8	Other ATP status	Service brake command
9	Pantograph down status 1	Lower pantograph command
10	Circuit breaker open status 1	Air-intake flaps closing command
11	Emergency brake status 1	Air-intake flaps open command

<차상 신호 인터페이스 항목>

[그림 3-120] 인터페이스 장치

인터페이스 장치는 기존의 해무 차량 AP로부터 차량 신호를 입력받아 각 제조사의 차상장치에 미리 규정된 신호들을 전달하는 장치이다. 상기의 그림은 해무 차량에 탑재된 인터페이스 장치를 보여주며, 인터페이스 장치를 통해 입출력되는 신호를 나타내었다.

7) 시험차량 하부 개조



[그림 3-121] 차량 하부 BTM안테나 탈거 위치



(a) MC카 기존 BTM 철거 (b) 철거한 BTM MC카 실내 설치

[그림 3-122] MC카 기존 BTM 철거 후 실내 설치

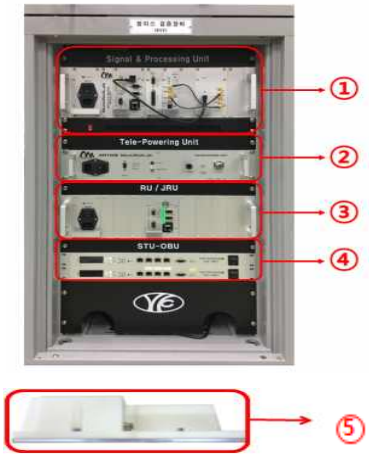
- 기존 BTM 안테나 및 BTM 안테나 브라켓 탈거
- 신규 안테나 브라켓 설치
- 탈거된 BTM 안테나 동력실과 객실 통로에 설치
- 설치된 BTM안테나 케이블 연결

현대로템 컨소시엄 BTM 안테나 설치	LS산전 컨소시엄 BTM 안테나 설치
	

[그림 3-123] MC카 기존 BTM 철거 후 실내 설치

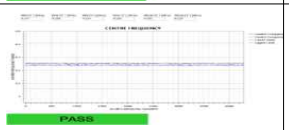
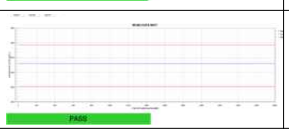
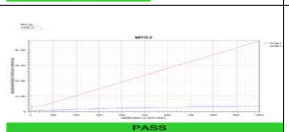
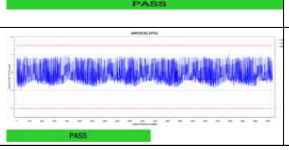
8) 차상 발리스 검증장비 운용

발리스 검증장비는 호남고속선 시험열차 HEMU-430X에 구축되어 선로 상에 설치된 발리스의 진단과 사전 고장 검지를 제공하기 위해 ETCS Subset 085 사양에서 언급하는 성능 요구사항을 실제 주행 중인 열차에서 검증하기 위한 시험을 수행하였다.

<table>
<tr><th>항목</th><th>내용</th></tr>
<tr><td>발리스 검증장비 구성</td><td>


<table>
<tr><th>번호</th><th>구성품</th><th>주요 기능</th></tr>
<tr><td>①</td><td>Signal & Processing Unit</td><td>업링크 신호 수신 및 디지털화</td></tr>
<tr><td>②</td><td>Telepowering Unit</td><td>텔레파워링 신호 생성</td></tr>
<tr><td>③</td><td>RU / JRU</td><td>열차 주행 데이터 기록 및 분석</td></tr>
<tr><td>④</td><td>STU - OBA</td><td>수신정보 암복호화</td></tr>
<tr><td>⑤</td><td>BTM 안테나</td><td>발리스 데이터 수신</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>발리스 검증장비 구축 및 운용</td><td>


<발리스 검증장비 구축>


<발리스 검증장비 운용>
</td></tr>
<tr><td>현장시험 결과</td><td>
※ 호남고속선 구간 12개소 선로 내 발리스 검증 완료함
<table>
<tr><th>No</th><th>항목</th><th>시험내용</th><th>검증 화면</th><th>결과</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Telegram Decoding</td><td>입력 텔레그램 정보 수신 여부</td><td>  </td><td>정상</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Centre_ Frequency</td><td>검증대상 발리스 중심주파수값의 기준범위 통과 여부 판정값</td><td>  </td><td>정상</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Frequency_ Deviation</td><td>검증대상 발리스 주파수 편차값의 기준범위 통과 여부 판정값</td><td>  </td><td>정상</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Mean Data Rate</td><td>평균 데이터 전송속도 기준 통과여부 판정값</td><td>  </td><td>정상</td></tr>
<tr><td>5</td><td>MTIE</td><td>최대 시간 간격 오류값으로 기준시간 내에 최대로 변하는 위상값의 기준 통과여부 판정값</td><td>  </td><td>정상</td></tr>
<tr><td>6</td><td>Amplitude Jitter</td><td>진폭 위상변위 값</td><td>  </td><td>정상</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

9) 해무차량 객실 내부 유지보수

구분	점검 사항	점검 내용
해무차량 객실	받침판 고정볼트 체결상태 확인	받침판 고정볼트를 확인(이완표시 상태확인)
	객실내부 장치류 취부상태 확인 (고정볼트류 체결상태 확인)	장치 취부 볼트 확인(이완표시 상태확인)
	객실의자 케이블 밀봉상태 확인	객실의자 케이블 밀봉상태를 확인하여

10) 해무차량 하부 BTM안테나 유지보수

구분	점검 사항	점검 방법
해무차량 하부	차량하부 BTM안테나 취부상태 확인 (고정볼트류 체결상태 확인)	차량하부 BTM안테나 고정볼트를 확인 (이완표시 확인)
	차량하부 BTM안테나 연결케이블 체결상태 확인	차량하부 BTM안테나 연결케이블 체결상태를 확인
	차량하부 BTM안테나 보호덮개 취부상태 확인	차량하부 BTM안테나 보호덮개 체결상태를 확인 (이완표시 확인)
	객실내부 BTM안테나 취부상태 확인	객실내부 BTM안테나 고정볼트를 확인 (이완표시 확인)
	객실내부 BTM안테나 차폐덮개 취부상태 확인	객실내부 BTM안테나 차폐 덮개 고정보트를 확인 (이완표시 확인)
	객실내부 BTM안테나 케이블 체결상태 확인	객실내부 BTM안테나 연결케이블 체결상태를 확인

11) 인터페이스 장치 및 연결배선 유지보수

구분	점검 사항	점검 방법
인터 페이스 장치	운전실 신호장치함 절체스위치 조립, 연결 커넥터 체결상태 확인	운전실 신호장치함 절체스위치 조립, 커넥터 연결, 브라켓 취부상태를 확인
	신호장치함 → 인터페이스 장치 연결배선 포설상태 확인	운전실 신호장치함에서 객실내부 인터페이스 장치까지 연결된 포설을 확인
	신호장치함 → 차량내부 BTM안테나 연결배선 포설상태 확인	운전실 신호장치함에서 객실내부 BTM안테나 까지 연결된 포설을 확인
	인터페이스 장치 내부배선 상태 확인	인터페이스 장치 내부배선 상태를 확인
	인터페이스 장치 연결커넥터 체결상태 확인	인터페이스 장치 연결 커넥터 체결상태를 확인
	하부 BTM안테나 → 객실 신호장치 연결배선 포설상태 확인	차량하부 BTM안테나에서 객실 신호장치까지 연결된 포설을 확인
	차량 외부 에어관 마감상태 확인	차량 외부 에어관 마감상태를 확인
	배전반 → TR 연결 전원케이블 포설상태 확인	배전반에서 객실내부 TR까지 연결된 전원케이블 포설상태를 확인
	배전반 전원케이블 단자 체결상태 확인	배전반 전원케이블 단자 체결상태를 확인
	TR 전원케이블 단자 체결상태 확인	TR 전원케이블 단자 체결상태를 확인 (이완표시 확인)
	TCI → 객실 신호장치 연결배선 포설상태 확인 (2항과 동일경로 포설)	TCI에서 객실 신호장치까지 연결된 포설을 확인
	인터페이스 장치 스위치	인터페이스 장치 스위치 및 상태램프를 확인

라. 일반선 시험차량(DL4457) 인프라용 CTC설비 구축

1) 일반열차 현차조사

디젤기관차(DL4400대, DL7300대), 전기기관차(NEL8200대)에 신규 차상ATP장치를 탑재하기 위한 차량 하부 및 운전실, 차량 내부 장비실 등 설치 공간과 인터페이스 조사가 수행되었다. 운용부서 협의결과 NEL 및 DL7300호대 부족으로 DL4400호대를 선정하여 설계 시행하였다.


디젤기관차(DL4400대) 현차조사


디젤기관차(DL7300대) 현차조사

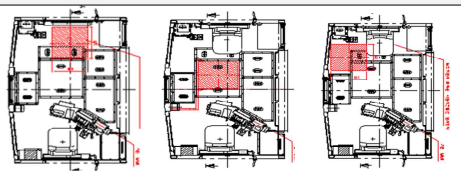
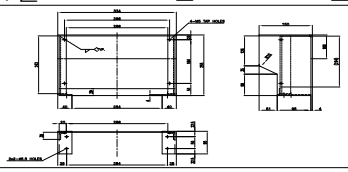
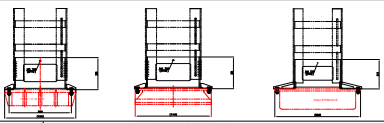
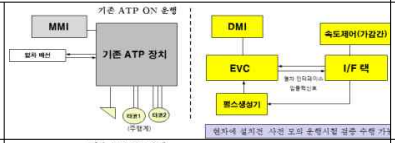
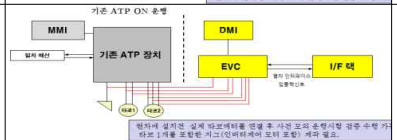
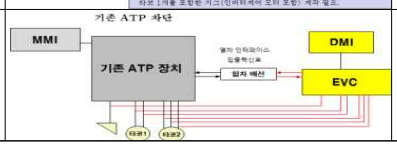

전기기관차(NEL8200대) 현차조사

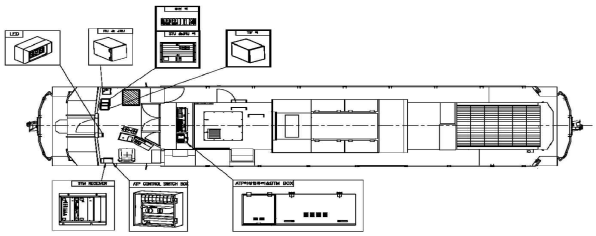
2) 일반열차 설계

가) 일반열차 디젤(DL4457호) 인터페이스 설계

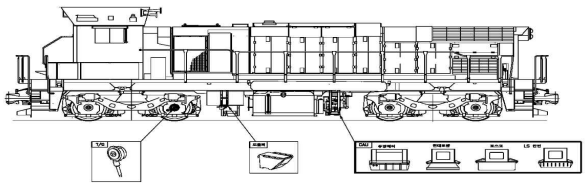
현차조사를 통해 4400대형 디젤기관차 DL4457호가 선정되어 차상성능시험설비 구축을 위한 설계가 진행되었다. 디젤기관차의 운전실 협소 및 U/F 하부기기 설치 공간의 부족으로, 3개사 개발품(KVC, CAU, DMI 등)을 순차적으로 설치 및 탈거하도록 설계하였다.

[표 3-53] 디젤기관차(DL4457호) 차상 인터페이스 구축 방안 수립

순번	구분	사진	설명	선정
1	차상ATP장치 배치 방안	 <1안> <2안> <3안>	·1안 : 보조기관사 위치에 설치 ·2안 : 보조기관사 전면 위치에 설치 ·3안 : 운전실 중앙에 위치 ·통합형 브라켓트를 이용 3사 공통 설치방안 수립	1안
2	시험용 DMI 설치 방안		·통합형 DMI 브라켓트를 이용한 3사 공통 취부 방안 수립 ·1안) 시험자 조작 가능 위치 ·2안) 기관사 조작 가능 위치	2안
3	시험용 Balise Reder(CAU) 설치 방안		·1안) 기존 차상안테나 탈거, 별도의 수직형 브라켓트를 제작하여 CAU 설치	1안
4	인터페이스 구축 및 시험 방안	1안 	시험용 차상ATP장치는 별도의 전원을 통해 기존 차상ATP장치와 독립적으로 동작되는 방안	3안
		2안 	주행계를 제외한 모든 시험용 차상ATP장치가 독립적으로 동작하는 방안	
		3안 	시험용 차상ATP장치로 열차 인터페이스 회로를 구성하는 방안	



(a) 시험차량 Level 2 차상 배치도

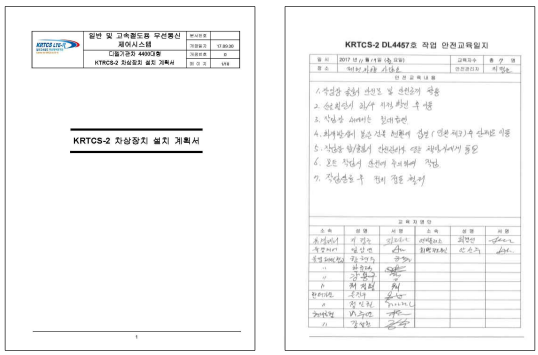


(b) 차량 U/F Level2 시험장비 배치도

[그림 3-124] 디젤기관차(DL4457호) ETCS Level 2 기반 차상 장치 구성품 배치 설계 최종도면

3) 구축 작업

강릉선 시험열차로 최종선정 된 디젤기관차 DL4457호의 시험용 차상열차제어시스템 구축을 위한 작업이 수행되었다. 협의를 거쳐 수립한 설치방안 및 안전기준을 준수하여 인터페이스 및 각 컨소시엄사의 차상ATP장치 구축 작업을 수행하였다.

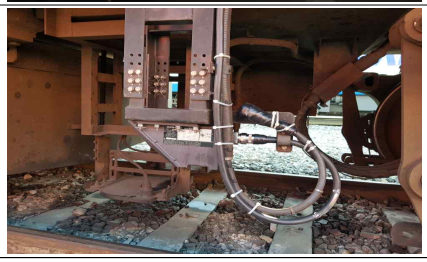
<table>
<tr>
<td>  </td>
<td> 
</td>
</tr>
<tr>
<td>작업 전 안전교육 및 업무협의</td>
<td>차상장치 설치 계획서 및 작업 전 안전교육 일지</td>
</tr>
</table>

가) 차상 인터페이스 구축

강릉선 시험열차 디젤기관차 DL4457호의 차상 시험설비의 구축을 위하여 기존 장비의 탈거 및 신규 인터페이스 전선 구축, 시험용 도플러레이더 구축, LTE-R안테나 구축, 각종 인터페이스 장비 및 랙 구축 등의 작업을 아래의 표와 같이 수행하였다.

[표 3-54] 디젤기관차(DL4457호) 차상 인터페이스 장비 구축

순번	구분	작업 전	작업 후
1	기존 Level 1 안테나 탈거		

순번	구분	작업 전	작업 후
2	부기관사 의자 탈거		
3	기존 레벨1 MMI 탈거		
4	LTE-R 안테나 구축		
6	HVCC함 Level 2 시험용 배선 구축		
8	STU 및 JRU 구축		
9	TIF 랙 구축		
10	시험용 도플러 레이더 구축		

나) 현대로템 컨소시엄사 차상ATP장치 구축

		
차상ATP장치 구축	CAU안테나 구축	DMI 구축

다) LS산전 컨소시엄사 차상ATP장치 구축

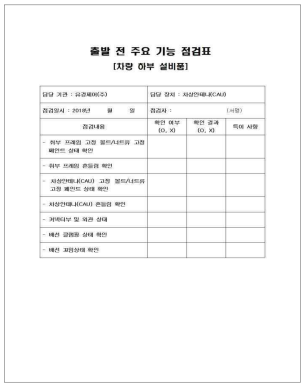
		
차상ATP장치 구축	CAU안테나 구축	DMI 구축

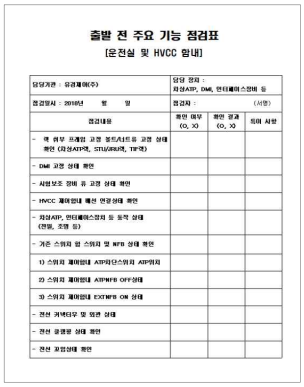
라) 포스코건설 컨소시엄사 차상ATP장치 구축

		
차상ATP장치 구축	CAU안테나 구축	DMI 구축

4) 유지보수

현차시험 시 출발 전 주요기능 점검표 항목들에 따라 차량 하부 설비품, 운전실, HVCC함 내의 유지보수 및 사전점검 작업을 수행하였다.

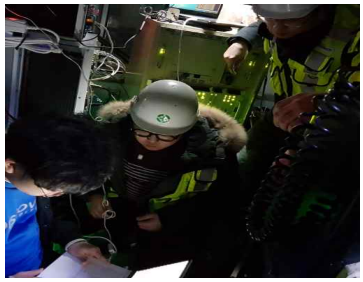
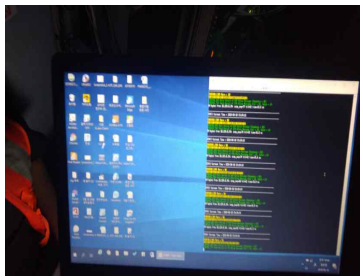
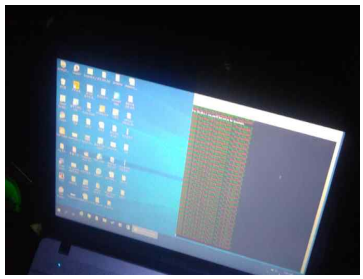
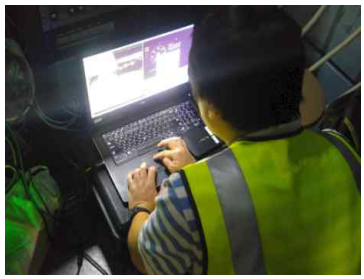
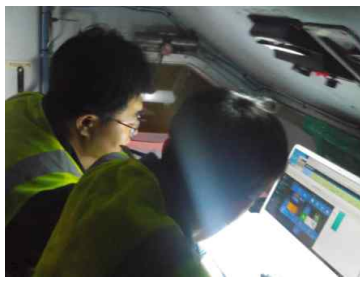
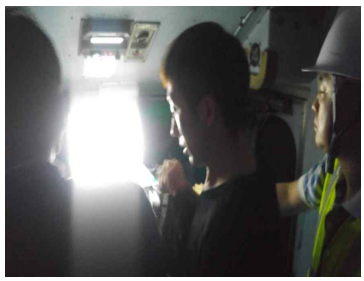
<table>
<tr>
<td>  </td>
<td> 


</td>
</tr>
<tr>
<td>차량하부 설비품 점검</td>
<td>차량 하부 설비품 / 운전실 및 HVCC함내 주요기능 점검표</td>
</tr>
</table>

5) 강릉선 시험선 차상성능시험 지원

2018년 1월 7일부터 2018년 6월 21일까지 강릉선 시험선 현차시험을 수행하였다.
현차시험은 일반열차 현차시험(디젤기관차 DL4457호)와 고속열차 현차시험(HEMU-430X)로 수행되었다.

[표 3-55] 강릉선 시험선 차상성능시험 지원

구분	내용	
현대로템 컨소시엄	시험 준비 및 인터페이스 점검 지원	 
	차상성능시험 지원	 
LS산전 컨소시엄	시험 준비 및 인터페이스 점검 지원	 
	차상성능시험 지원	 
포스코건설 컨소시엄	시험 준비 및 인터페이스 점검 지원	 
	차상성능시험 지원	 

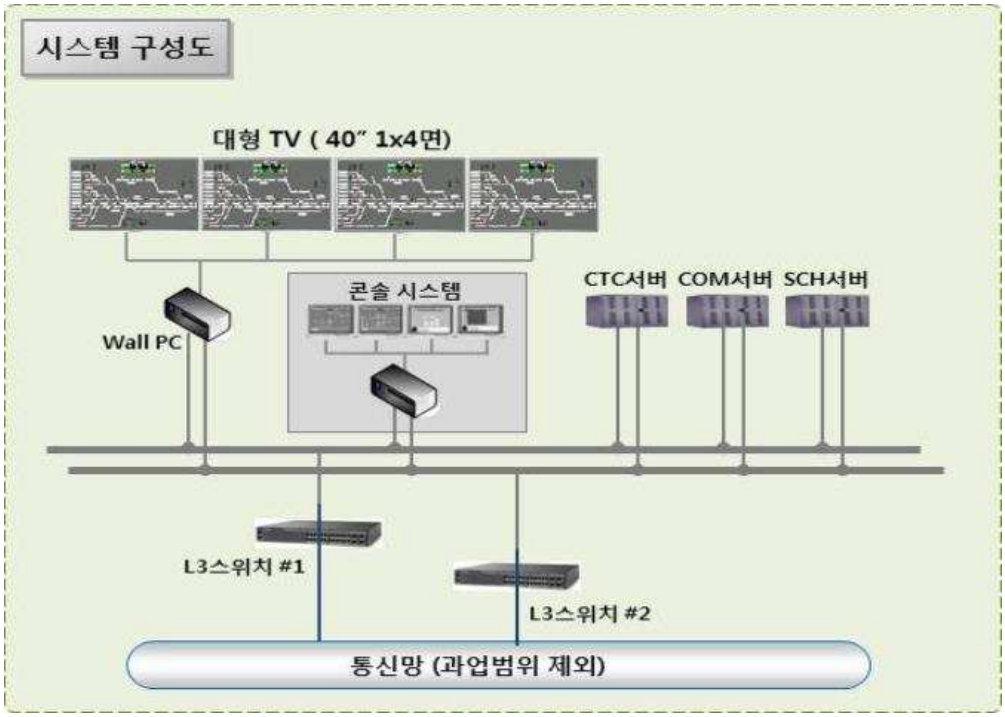
마. 시험 인프라용 CTC설비 구축

1) 시험 인프라용 CTC설비 구축 개요

호남고속선 및 경강선 현장시험을 위해 구축하는 시험 인프라용 CTC설비는 정읍시험센터와 만종시험센터에 구축하였다. 시험용 관제설비는 CTC서버, 통신(COM)서버, 스케쥴(SCH)서버, 관제콘솔, 네트워크 설비, 전원장치 등 기본장치와 부속장치로 구성된다.

2) 시험 인프라용 CTC 시스템 구성

시험인프라 시스템 구성도는 다음과 같다. 주요 구성은 CTC서버, COM서버, SHC서버, 콘솔시스템, 콘솔탁, 대형표지반, L3스위치등으로 구성된다.



[그림 3-125] 시스템 구성도

- CTC 서버 : 현장 역의 모니터링과 원격제어 및 열차추적, 열차번호제어, 자동진로제어 등의 CTC설비의 핵심기능을 수행하고 각종 콘솔 및 주변기기들과의 상호 인터페이스를 수행하는 주요 설비이다.
- COM 서버 : 현장장치 및 인터페이스 장치로부터 정보를 받아 CTC서버에 동일하게 전달하는 통신 서버 역할을 담당하는 설비이다.
- SCH 서버 : 스케쥴 서버로서 DIA DB, LOG DB등 필요한 모든 데이터를 Database로 구축하여 관리하며, 현장역의 운행상태, 조건 등을 연산하여 최적의 운행 방안과 DIA등을 작성 실행한다.
- 콘솔 시스템 : 운영자 콘솔은 열차운행 통제와 열차운행 상황, 수송통제에 필요한 정보수집, 각종 감시 영상의 모니터링 등 효과적인 상황파악과 신속하고 효율적인 통제업무를 수행한다. 열차 관제를 위한 제반 정보를 운영자에게 제공하기 위해 운영자 콘솔은 통신망 장치를 통해 열차제어용 서버와 연계된다.
- 콘솔탁 : 장시간 근무에 따른 작업 피로도를 최소화하기 위해 인체공학적 설계를 바

탕으로 기능성과 심미성을 갖춘 디자인을 적용하여, 작업 편의성과 공간 활용성을 고려하여 제작하며, 오픈형 타입으로 모니터 모양 변경 시에도 장비 수용이 가능하다.

- L3스위치 : L3스위치는 서버가 접속되는 핵심 영역이므로 고가용성, 고성능, 고확장성이 확보되는 기가비트 스위치 허브이다. 또한 스위치를 이중화하여 안정성을 확보하도록 구축한다.
- 대형표지반 : 대형표지반은 L/S화면, MMI화면 및 열차그래프 정보표시화면을 대형화면으로 표출하여 관제업무에 용이하다.

3) 시험 인프라용 CTC 시스템 사양

[표 3-56] 시험 인프라용 CTC 시스템 사양

순번	분류	품목	규격	단위	수량	비고
1	서버	CTC 서버	HP RX2800i4	식	1	
		통신(COM) 서버	HP RX2800i4	식	1	
		스케줄(SCH) 서버	HP RX2800i4	식	1	
2	콘솔	산업용 PC	NC-261(4CH)	대	1	
		24” 모니터	LG 24MP58VQ	대	4	
		콘솔탁	(W)2,400 x (D)1,000 x (H)730	식	1	
3	네트워크	L3 스위치	CISCO WS-C3560X-24T	대	2	
4	대형표시반	40” 대형 TV스텐드	LG 40MB27HM TS-64B(거치형)	식	4	
		Wall PC	NC-261(4CH)	대	1	
5	전원장치	UPS	3KVA(Rack Type)	식	1	
6	기타	System Rack	E2-4210(42U)I	대	1	

CTC, 통신(COM), 스케줄(SCH) 서버는 신뢰성과 안전성 확보를 위해 시스템 장애 시 CPU 및 Memory상의 데이터가 손실되지 않으며, 시스템의 연속적인 운영이 보장되는 구조의 서버를 사용하며, 운영체제는 UNIX OS를 사용한다.

서버는 7세대 Itanium 프로세서인 듀얼 코어 Itanium2 9300 시리즈(코드명: 투킬라) 프로세서를 장착한 엔트리 레벨의 최신형 컴퓨팅 시스템이다. 중소규모 단위의 어플리케이션 서비스 또는 대규모 인터넷 환경의 프론트-라인에서 웹 서버 군을 형성하는 안정적이고 가용성 높은 엔트리 레벨의 최신형 컴퓨팅 시스템으로서, 매우 뛰어난 어플리케이션 성능을 구현하며, 프로세서의 성능, 신뢰성, 가용성, 소비전력절감 등의 향상된 기능을 지원한다.

4) 시험 인프라용 CTC 소프트웨어 구조와 기능

- 소프트웨어 구조

각각의 고유한 기능을 갖는 주 컴퓨터인 CTC서버, SCH서버로 분산 처리되는 구조를 가지며 기능별 상호간의 인터페이스와 각종 운영콘솔 및 타 시스템과의 인터페이스에 의해 기능이 구현된다. CTC서버는 열차 운행에 대한 운행제어 기능을 가지며, 열차 운행 관제 시스템의 중추적인 역할을 수행한다. 각각의 서버와 콘솔은 열차 운행시스템의 대부분의 모든 기능에 걸쳐 관여되어 있으며, 주요 기능은 [표 3-51]과 같다.

[표 3-57] CTC 소프트웨어 기능 목록

분류	주기능	세부기능	비고
L/S	화면표시	열차 점유	
		선로전환기 상태	
		진로 표시	
		신호기 상태	
		열차 상태	
		역명	
		임시속도 제한 구간 표시	
		역 제어모드 표시	
		열차 비상정지 상태 표시	
	제어	진로설정	
		임시 제한 속도 구간 설정 제어	
		역 제어모드 제어	
		선로전환기 전환	
	로그재생	로그재생	
MMI	현장제어	진로설정	
		임시속도 제한 구간 설정 제어	
		역 제어 모드 제어	
		선로전환기 전환	
MMI	열차제어	열차 비상정지 제어	RBC
		열차번호 제어	
	열차스케줄	열차그래프	
		마스터 스케줄 조회	
		운행계획 관리	
		일년 운행 계획 설정	
		출발예고 열차관리	
	조회업무	사용자 조작 이력	
		경보/이벤트 조회	
		열차실적	
	환경설정	콘솔설정	
		도움말 관리	
CTC서버	열차운행제어	자동진로제어	
		스케줄적용관리	
		임시속도 제한 구간 설정	
		열차비상정지 제어	
	열차운행감시	열차상태 표시 및 감시	
		시스템 감시	
COM서버	통신 관리	타 시스템(EI, RBC)과 인터페이스	
SCH서버	스케줄 관리	열차운행스케줄 관리	
T/G	스케줄 데이터	열차 실적 로딩	
		열차 계획 로딩	
		실시간 실적 처리	
	화면 표시	기본 화면 표시	
		실적 그래프 표시	
		계획 그래프 표시	
		주기적 시간축 이동	
		수동 역축/시간축 이동	
		현재 시간축 표시	

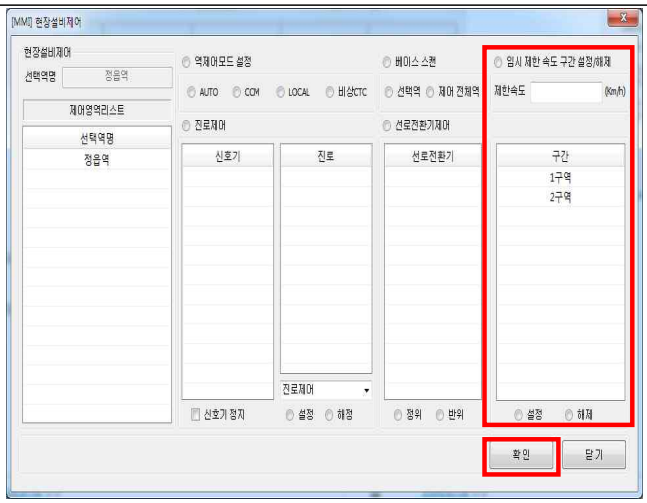
	환경 설정	표시설정	
		색상설정	

KRTCS 2단계에서 사용하는 서버는 운행구간에 대한 열차를 감시하고 제어하는 운영자를 위하여, 콘솔의 각종 정보조회와 수동제어요구를 CTC서버가 처리하고 해당 결과는 콘솔 화면에 표출한다. 또한, 각종 기기 동작 상태와 고장정보를 제공하며, 대형 표시반에 열차 점유정보, 현장 역 신호설비 상태, 열차번호 관련 정보, 기타 필요한 내용을 표시한다.

- 장치기능 설명

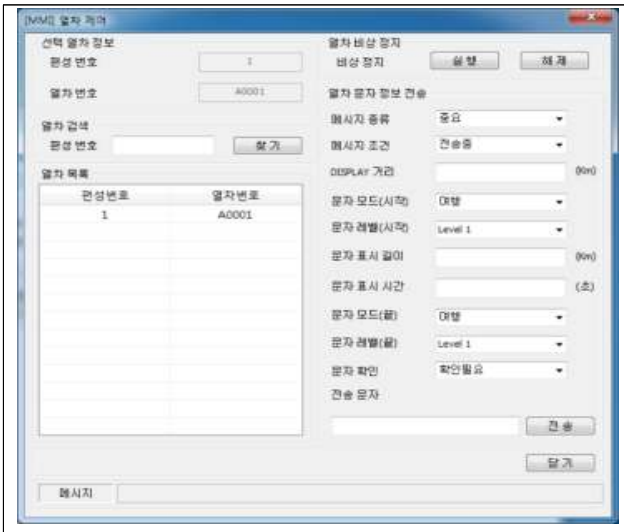
분류	주기능	세부기능
L/S	화면표시	열차 점유
		선로전환기 상태
		진로 표시
		신호기 상태
		열차 상태
		역명
		임시속도 제한 구간 표시
		역 제어모드 표시
		열차 비상정지 상태 표시
	제어	진로설정
		임시 제한 속도 구간 설정 제어
		역 제어모드 제어
		선로전환기 전환
	로그재생	로그재생
CTC 서버	열차운행제어	자동진로제어
		스케줄적용관리
		임시속도 제한 구간 설정
		열차비상정지 제어
	열차운행감시	열차상태 표시 및 감시
		시스템 감시
COM 서버	통신 관리	타 시스템(EI, RBC)과 인터페이스
SCH 서버	스케줄 관리	열차운행스케줄 관리

- 임시제한속도 구간 설정 제어



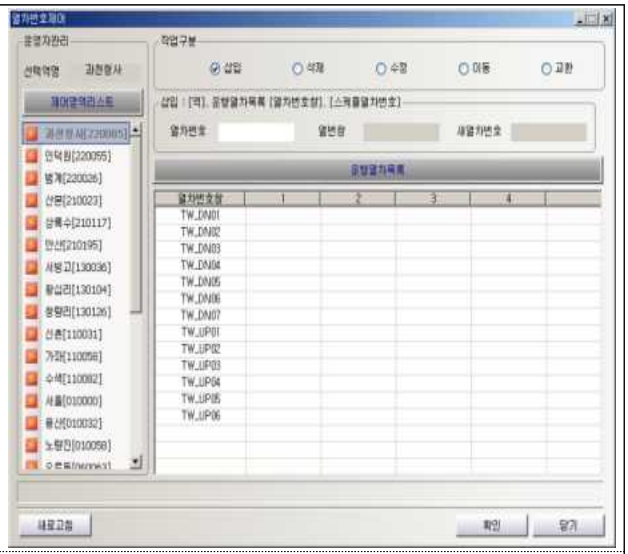
[현장제어]->[현장설비제어]를 선택한다. 임시 제한속도 구간 설정/해제 체크 후 아래의 설정에 체크한 후 제한속도 입력 후 [확인]버튼을 눌러 제어한다.

- 열차 비상정지 제어



[열차제어]->[열차제어]를 선택한다. 비상정지 제어를 할 열차번호를 선택한 후 [실행]버튼을 눌러 비상정지를 실행한다.

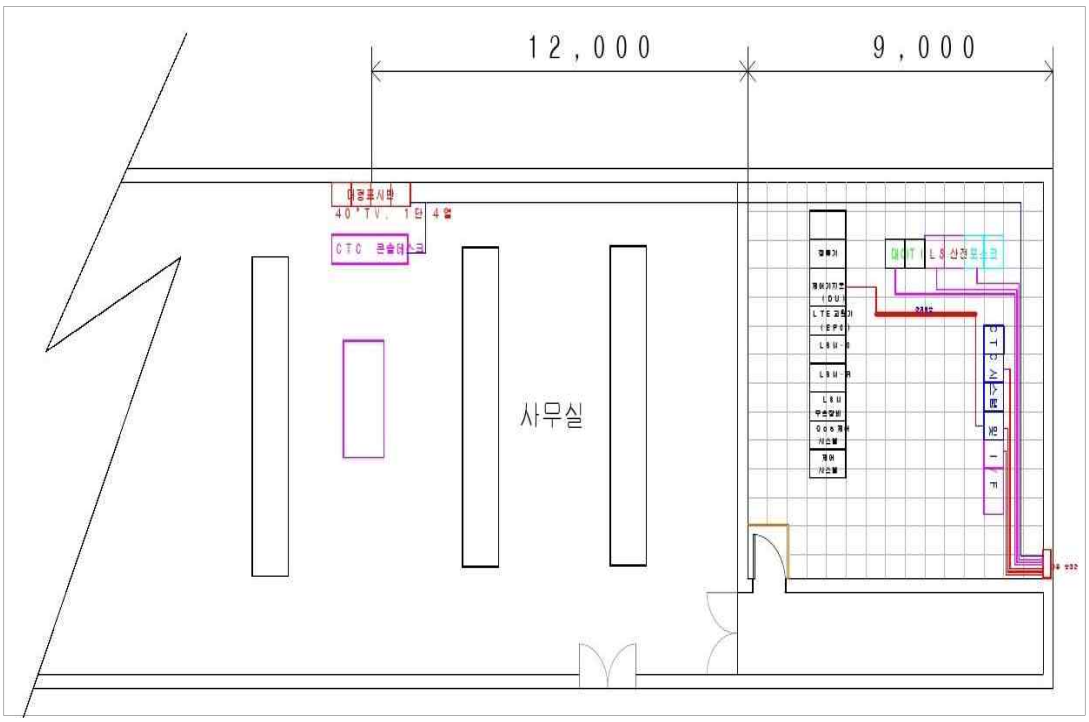
- 열차 번호 제어



[열차제어]->[열차번호제어]를 선택하면 열차번호를 제어할 수 있는 화면이 나타난다.

5) 시험 인프라용 CTC 인프라 구축 (정읍시험센터)

- 정읍시험센터 기기 배치도



[그림 3-126] 정읍시험센터 기기 배치도

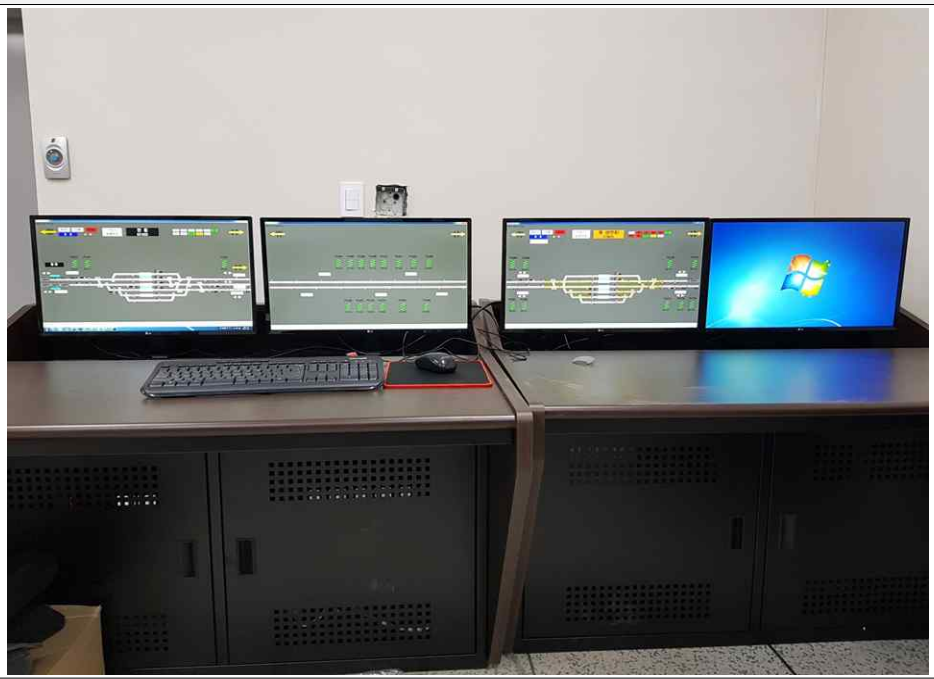
- 정읍시험센터 구축

장 치	설 치 사 진
CTC 서버 설치	
운영자콘솔 (정읍시험센터)	

[그림 3-127] 시험용 CTC 인프라구축 (정읍시험센터)

6) 시험 인프라용 CTC 인프라 구축 (만종시험센터)

- CTC 서버 및 콘솔 설치

장 치	설 치 사 진
CTC 콘솔 설치	
CTC 서버 설치	 

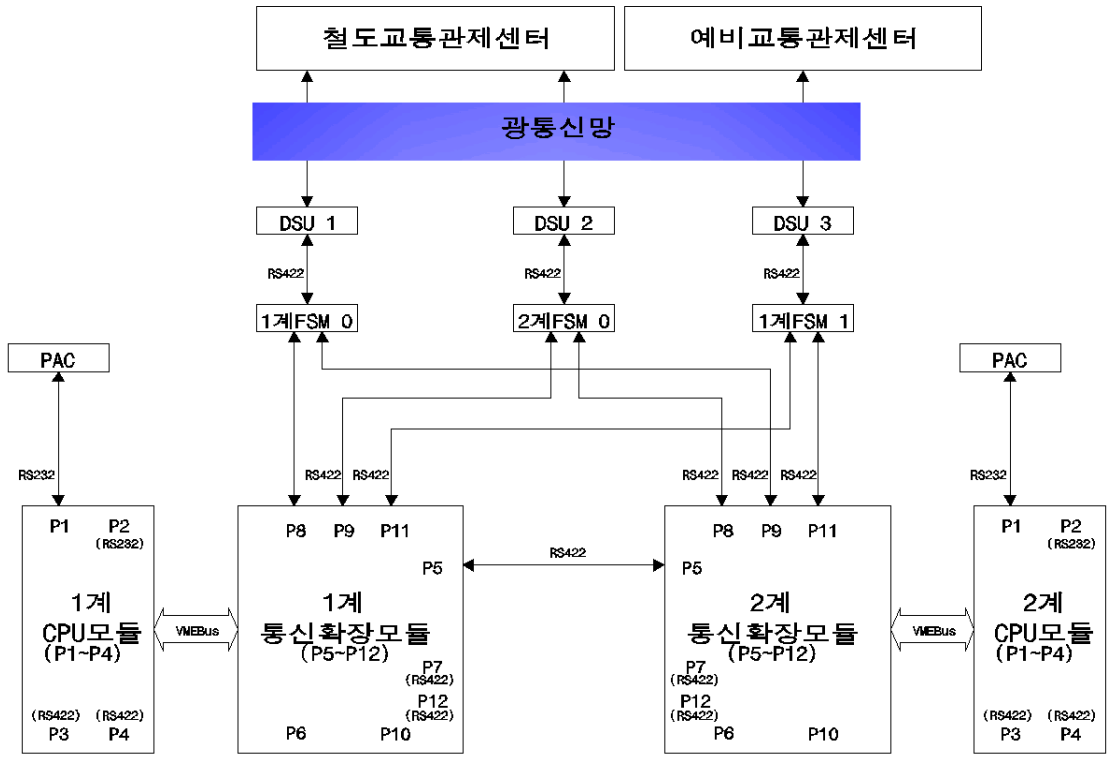
[그림 3-128] 시험용 CTC 인프라구축 (만종시험센터)

7) 경강선 LTDS 인터페이스 개수 (횡성역, 만종역)

- LDTS 개요

LDTS(Local Data Transmission System, 역정보전송장치)는 역 신호기계실에 설치되는 장비로 관제센터로부터 수신한 제어정보를 연동장치에 전송하고 연동장치에서 수신 받은 정보를 관제센터로 송신하는 역할을 수행한다. CTC 시스템의 안전성과 연속성을 고려하여 LDTS 논리부는 이중계(온라인/스탠바이)를 구현하여 사용자의 조작 또는 장비의 고장시에도 계절체를 통해 연속 운용이 가능하다. 전자연동장치 및 관제센터와의 통신 프로토콜은 철도신호시스템 간 인터페이스를 위한 점대점 정보전송방식에 대한 한국철도표준규격 KRS SG 0062를 적용한다.

- 관제설비 인터페이스 구성도



[그림 3-129] LDTS-CTC 인터페이스 구성도

이중계 라인의 처리를 위해 FSM 모듈을 사용하고 장거리 전송을 위해 DSU를 사용하며 각각의 DSU는 관제센터 통신장비와 1:1로 연결된다.

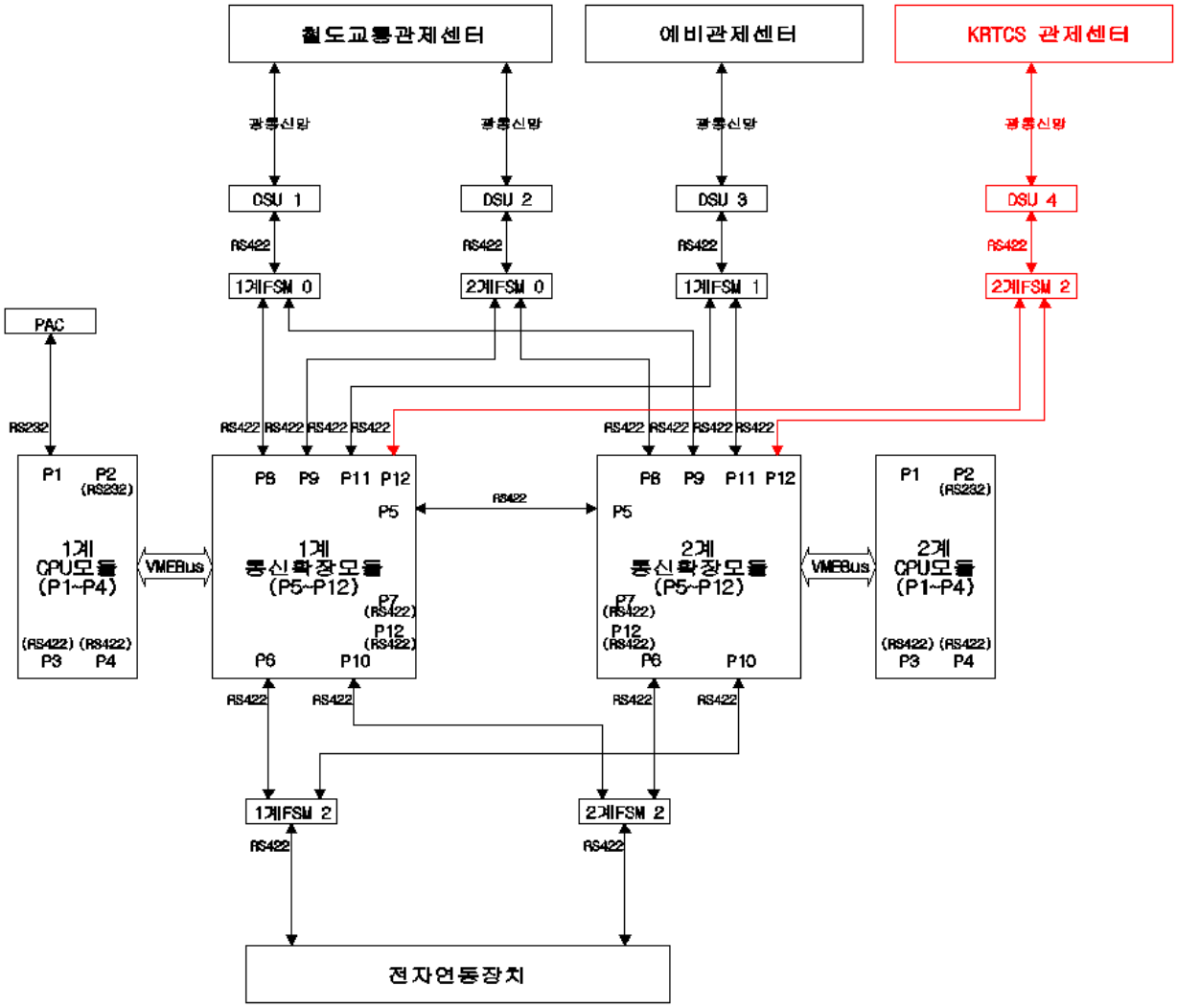
- 기존의 LDTS 통신포트 및 KRTCS용 통신포트 할당

[표 3-58] LDTS 통신포트 목록

No	포트명	용도
1	PORT 5 (TX5, RX5)	CPU 간 이중계 통신 (RS-422)
2	PORT 6 (TX6, RX6)	전자연동장치 (RS-422)
3	PORT 7 (TX7, RX7)	열차행선안내장치 TDE (RS-422)
4	PORT 8 (TX8, RX8)	철도교통관제센터 (RS-422)
5	PORT 9 (TX9, RX9)	철도교통관제센터 (RS-422)
6	PORT 10 (TX10, RX10)	전자연동장치 (RS-422)
7	PORT 11 (TX11, RX11)	예비교통관제센터 (RS-422)
8	PORT 12 (TX12, RX12)	(RESERVED) -> KRTCS용 (RS-422)

기존의 LDTS 통신포트 중 PORT 12는 예비사용을 위해 RESERVED되어있는데, 이 포트를 KRTCS용으로 할당하고, 철도교통관제센터에 전송하는 것과 동일한 전자연동장치 정보를 PORT12로 전송한다. 또한 PORT12로 데이터를 송수신하기 위해서는 LDTS에 추가로 DSU를 탑재해야하고, 시험용 CTC에서도 DSU를 탑재하여 정보를 수신하여야 한다.

- 관제설비 구성도 추가(KRTCS 관제센터)



[그림 3-130] LDTS-시험인프라용 CTC 인터페이스 추가 구성도

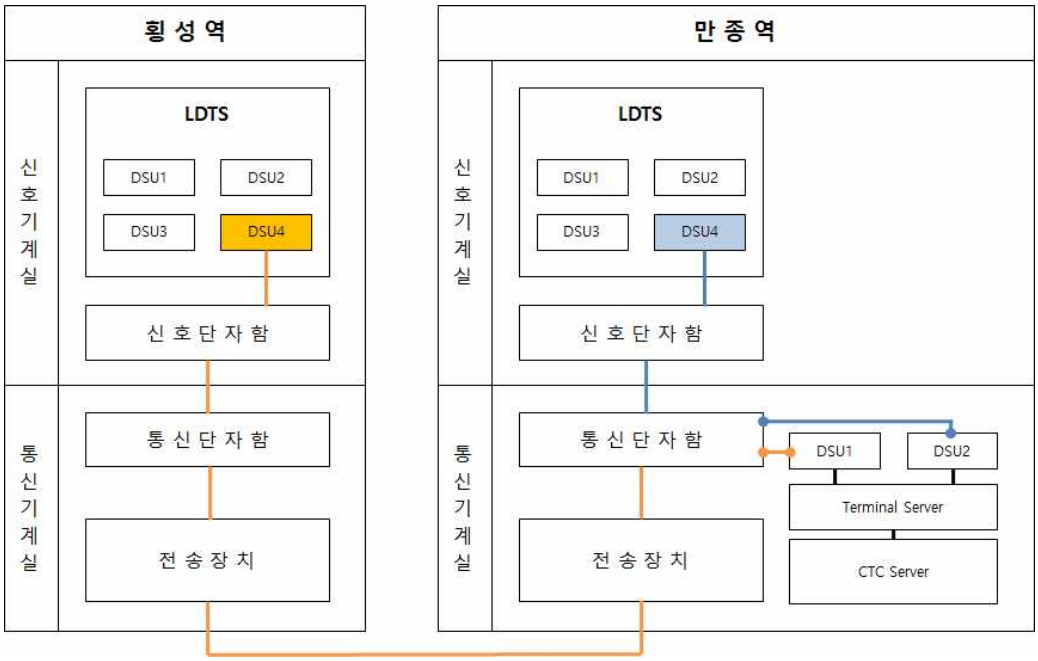
[그림 3-130]와 같이 LDTS 내부의 소프트웨어를 개수하여 철도관제센터와 예비관제센터에 전송하던 정보를 KRTCS 관제센터에도 동일한 정보를 전송하도록 개수하였다.

8) CTC-LDTS Serial I/F 구축

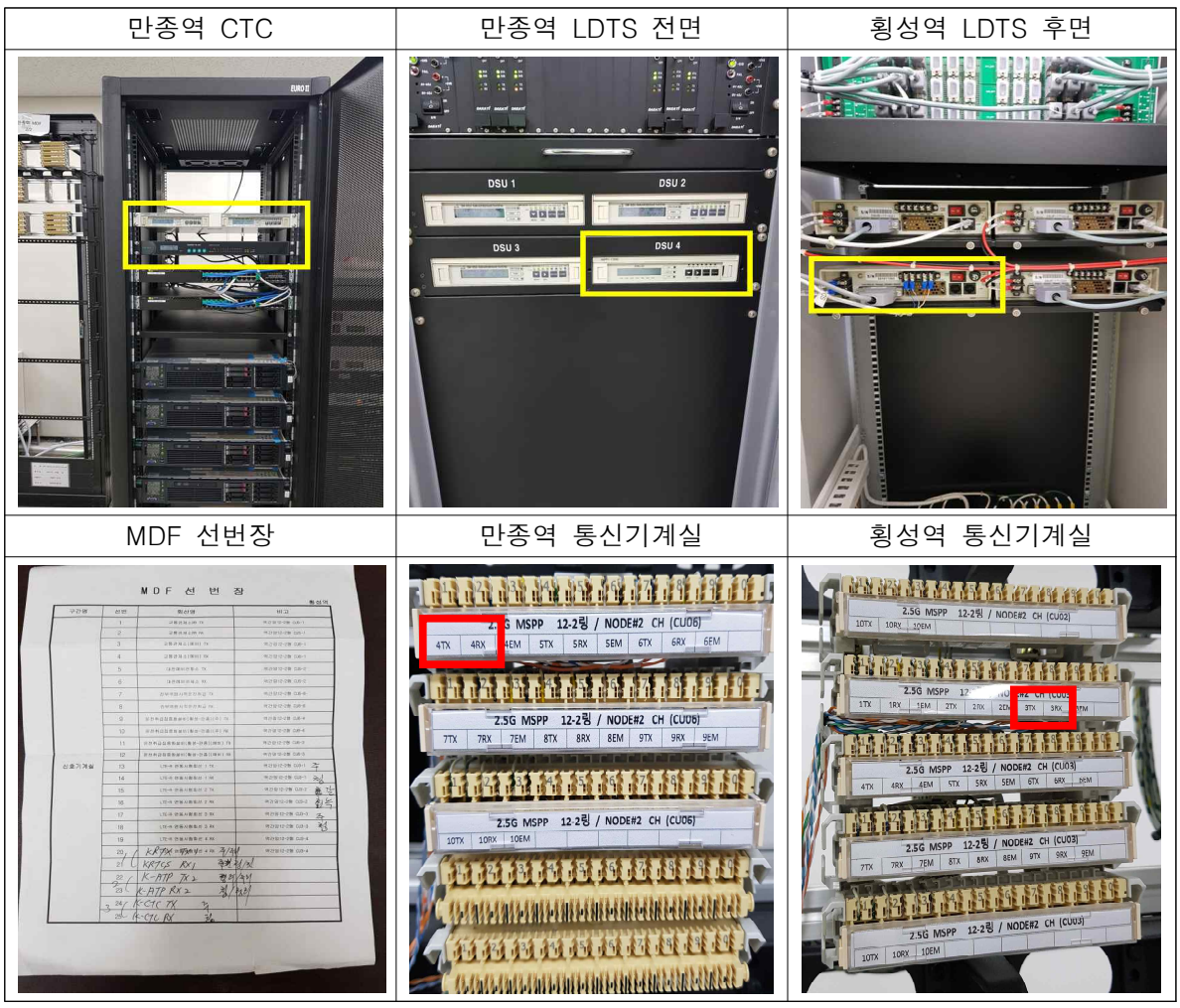
시험 인프라용 CTC와 기존의 횡성역 및 만종역의 LDTS와 통신을 위해서는 Serial 인터페이스 구축이 필요하다. 기존의 LDTS에는 철도관제센터와 예비관제센터와의 인터페이스만 존재하고, 소프트웨어 또한 철도관제센터와 예비관제센터로만 통신하도록 구성되어있다. LDTS 개수 용역을 통해 시험용 KRTCS 관제센터로 데이터를 전송할 수 있는 포트를 새롭게 할당하고 해당 포트로 데이터를 전송하도록 소프트웨어를 개수하였다. 이러한 작업과 동시에 횡성역 LDTS, 만종역 LDTS와 시험 인프라용 CTC 간의 물리적 연결하여야 실제 Serial 인터페이스 구축이 완료된다.

[그림 3-131]은 CTC-LDTS Serial 인터페이스 구축에 필요한 장치와 연결 경로를 나타낸 그림으로 횡성역 및 만종역 LDTS에서 시험 인프라용 한 DSU를 추가 설치한다. 각 역의 신호 단자함과 통신 단자함에 KRTCS용 CTC에 할당된 회선 번호에 따라 Serial 인터페이스를 라인

을 연결하고, 횡성역의 회선은 전송장치를 통해 만종역으로 회선을 연결한다. 만종역의 통신단자함을 통해 CTC의 DSU1에 횡성역 LDTS 회선을 연결하고, CTC DSU2에 만종역 LDTS 회선을 연결한다. 이렇게 연결된 Serial 인터페이스는 Terminal 서버를 통해 CTC 서버로 연결된다. [그림 3-132]은 만종역과 횡성역에 인터페이스를 구축한 사진이다.



[그림 3-131] LDTS-CTC Serial I/F 구축 구성도



[그림 3-132] CTC-LDTS Serial I/F 구축

9) 시험 인프라용 CTC 유지보수

- 통신 서버 점검 사항

구분	점검 사항	점검 방법
통신 서버	1) 내·외부 청결여부	육안 확인
	2) 전원상태	육안 확인
	3) 케이블 결선	육안 확인
	4) System LED 표시 상태	육안 확인
	5) CD-ROM 동작	육안 확인
	6) NETWORK 상태	# ifconfig lan0(1계), lan1(2계)
	7) SYSTEM LOG 상태	# more /var/adm/syslog/syslog.log
	8) CPU 사용률	# sar -M 5 5, glance
	9) 메모리 사용률	# vmstat, glance
	10) Disk Space 사용률	# bdf

- CTC서버 점검 사항

구분	점검 사항	점검 방법
CTC 서버	1) 내·외부 청결여부	육안 확인
	2) 전원상태	육안 확인
	3) 케이블 결선	육안 확인
	4) System LED 표시 상태	육안 확인
	5) CD-ROM 동작	육안 확인
	6) NETWORK 상태	# ifconfig lan0(1계), lan1(2계)
	7) SYSTEM LOG 상태	# more /var/adm/syslog/syslog.log
	8) CPU 사용률	# sar -M 5 5, glance
	9) 메모리 사용률	# vmstat, glance
	10) Disk Space 사용율	# bdf

- SCH서버 점검 사항

구분	점검 사항	점검 방법
SCH 서버	1) 내·외부 청결여부	육안 확인
	2) 전원상태	육안 확인
	3) 케이블 결선	육안 확인
	4) System LED 표시 상태	육안 확인
	5) CD-ROM 동작	육안 확인
	6) NETWORK 상태	# ifconfig lan0(1계), lan1(2계)
	7) SYSTEM LOG 상태	# more /var/adm/syslog/syslog.log
	8) CPU 사용률	# sar -M 5 5, glance
	9) 메모리 사용률	# vmstat, glance
	10) Disk Space 사용률	# bdf

- 네트워크 장치 점검 사항

구분	점검 사항	점검 방법
네트워크 장치	1) 내·외부 청결여부	육안 확인
	2) 현재 버전	아름넷 sh version
	3) Port별 Link상태	아름넷 sh interface
	4) Port별 CRC 및 Error 상태	192.168.1.1 접속 확인
	5) CPU 사용률	아름넷 sh cpu
	6) Config 변동사항	아름넷 sh run

- 콘솔 장치 점검 사항

구분	점검 사항	점검 방법
콘솔 장치	1) 각종 결선 상태	육안 확인
	2) 네트워크 접속상태	제어판-네트워크 및 공유센터 확인
	3) 콘솔 응용 프로그램 접속상태	프로그램 실행
	4) 각종 결선 상태	육안 확인
	5) 네트워크 접속상태	제어판-네트워크 및 공유센터 확인
	6) 콘솔 응용프로그램 접속상태	프로그램 실행

10) 현차시험 검증장비 구축

호남고속선 및 경강선 현장시험시 KVC~JRU 인터페이스를 통하여 열차제어시스템이 송·수신하는 데이터를 확인 가능한 현차시험 검증장비를 구축하였다. Camcorder, Monitoring Box, D-link switch, Laptop 등으로 구성된다. 현차시험 검증장비를 통해 KVC 및 JRU 데이터, DMI 및 트랙 비디오 정보를 수집할 수 있다.

- 현차검증장비 주요기기



[그림 3-133] 현차검증장비 주요기기

- 데이터 분석 장치 : ERTMS Camcorder의 분석장치로서 DMI 영상 및 차량진행경로 영상을 수집하고 차상장치와 JRU 사이에 스파이박스를 통해 수집된 ERTMS/ETCS Level1/2 메시지를 수신하여 분석된 결과를 보여주는 장치이다.
- Camcorder : DMI의 영상을 실시간으로 캡쳐하여 데이터 분석기로 전달한다.
- Camcorder Holder : 차량이 운행되고 있는 상태에서도 흔들림이 없이 캠코더를 지지하여 깨끗한 영상을 취득할 수 있도록 해주는 지지대이다.
- 네트워크 스위치 : 각 카메라 영상 및 ETCS 메시지들을 내부 네트워크를 통해 수집하는데 사용되는 네트워크 스위치이다.
- 스파이박스 : 차상장치와 JRU 사이에 연결되어 경로상에 전달되는 모든 메시지를 캡쳐해서 데이터 분석 장치로 전송하는 기능을 한다.

- 현차검증장비 구축

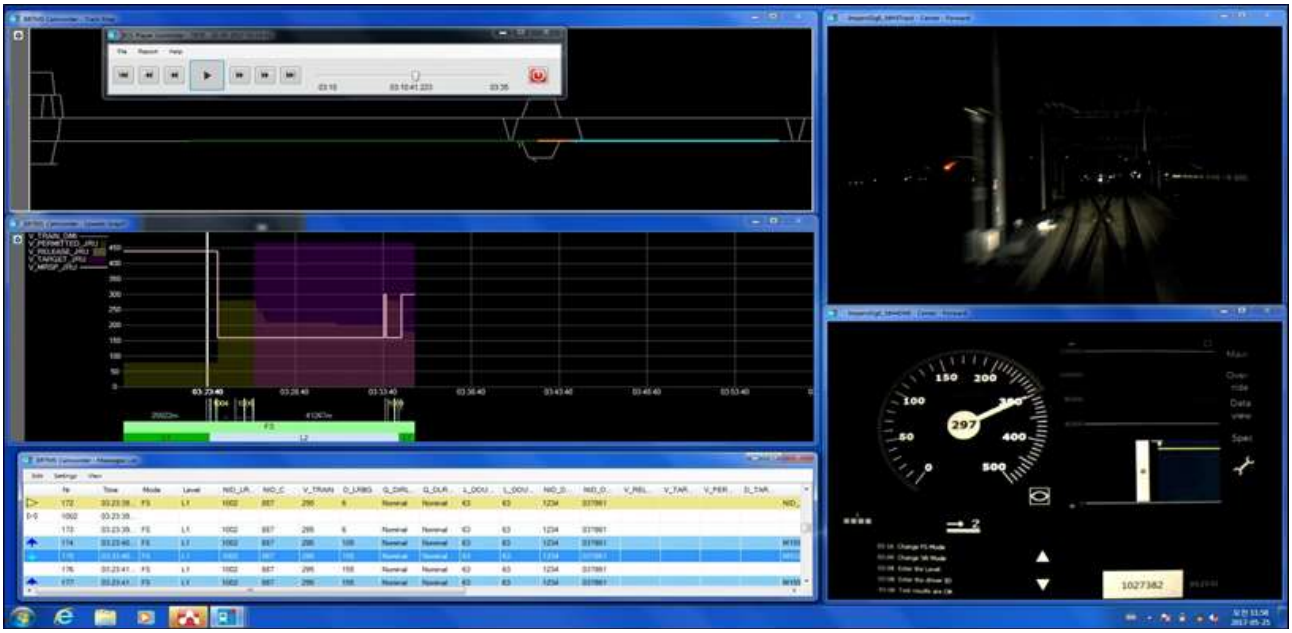


[그림 3-134] 해무(HEMU-430X) 차량 현차검증장비 구축



[그림 3-135] 디젤차량 현차검증장비 구축

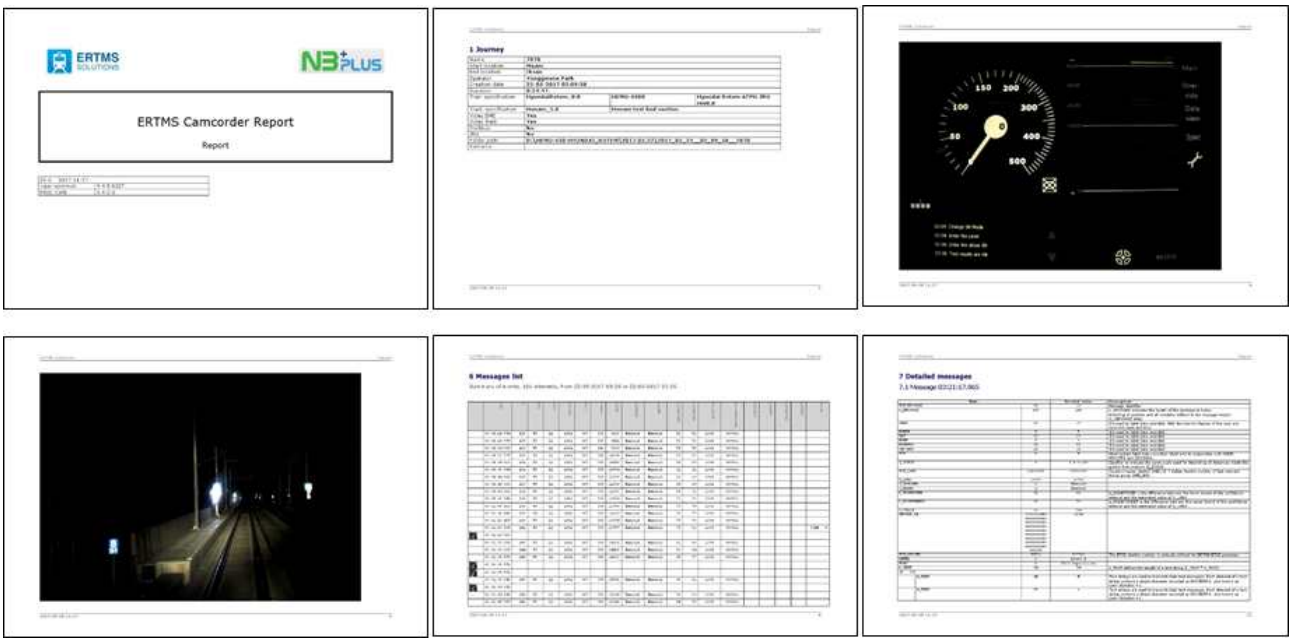
- 현차검증장비 분석화면



[그림 3-136] 현차검증장비 분석화면

현차검증장비의 분석화면은 메시지 분석화면, 여정경로, 경로화면, 화면, 브레이크 커브, MA 분석화면 등으로 이루어져 있다. 플레이 버튼을 이용하여 기 녹화된 화면을 앞으로 움직이거나 뒤로 이동하면 분석화면 내의 모든 화면이 동기화되어 녹화된 화면 시간과 동 시간대의 내용을 분석 화면에 표출하다. 이러한 동기화 기능을 통해 보다 더 정교한 상황분석 및 디버깅을 용이하게 할 수 있다.

- 분석내용 리포팅 기능



[그림 3-137] 현차검증장비 분석 리포트

엑셀 또는 PDF로 분석 내용을 리포트로 추출하는 기능이 있어서 시험의 결과를 확인하고 분석하는데 용이하게 사용된다.

- 호남고속철도 시운전 및 공인시험 지원



(a) 시운전 지원 (b) 공인시험 지원

[그림 3-138] 호남고속철도 시운전 및 공인시험 지원

바. 호남고속선 시험선 지상 열차제어 인터페이스 구축

1) 호남고속선 시험선 구간 현황

통합시험실 기능시험을 통과한 열차제어시스템(KVC, 지상RBC)에 대하여 LTE-R과의 연동 및 동적시험을 수행하기 위해 실제 영업노선에 구축된 시험선에서의 성능평가를 실시한다. 호남고속선 시험선은 익산~모암IEC 간 89.000㎞~158.150㎞(약 69㎞)의 상선 구간에서 기동시험 및 증속시험을 위한 정읍역 구내 포함되며 안전성 확보를 위해 시험열차(HEMU-430X)의 기운용중인 ATC시스템의 신호제어 정보를 사용하여 최고속도 350㎞/h까지 시험한다.



[그림 3-139] 호남고속 시험선 시험 시나리오 개략도

KRTCS-2 열차제어시스템의 지상-차상 시험을 위해서는 호남고속선 시험선 구간에 설치되어 있는 신호설비로부터 열차점유, 진로, 신호기 정보 등을 실시간으로 수신 받아야 한다. [표 3-59]은 현재 호남고속선 구간에 영업용으로 설치된 열차제어시스템 현황이다.

[표 3-59] 호남고속선 기존 신호설비 설치 현황

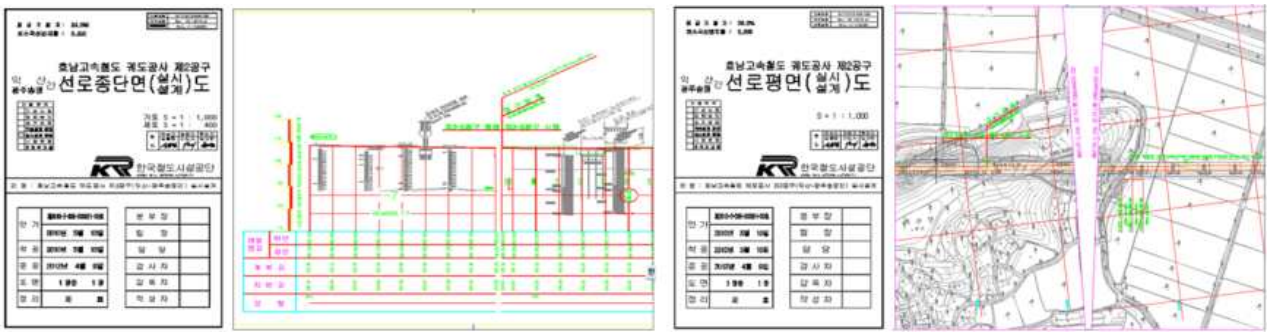
구분		장비 명
실내 설비	열차제어 시스템	정보처리장치, 정보전송장치, 계전기랙, 케이블랙, 현장유지보수장치, 속도제한판넬, 저전압배전반, 역조작반
	안전설비	지장물검지장치, 끌림검지장치, 차축온도검지장치, 기상검지장치 등
	전원설비	주전원배전반, 무정전전원장치, 자동전압조정장치, 정류기장치, 직류분전함, 축전지
	통합유지보수설비	통합유지보수서버, 통합유지보수콘솔, 신호유지보수콘솔, 대형표시판넬, 궤도회로정보검출장치, 원격제어장치
실외 설비	선로변 설비	신호기, PKS, LSC, 접속함, 디지털궤도회로, 불연속루프, 신호기주 및 표지 등
	안전 설비	ATC안전설비 추가안전설비 등.

호남고속선 시험선 구간에서 시험 시 기존 설비와 신설 설비를 활용해야 하며, 역구내 및 폐색구간에서의 기존 설비와 신설 설비의 현황은 [표 3-60]과 같다.

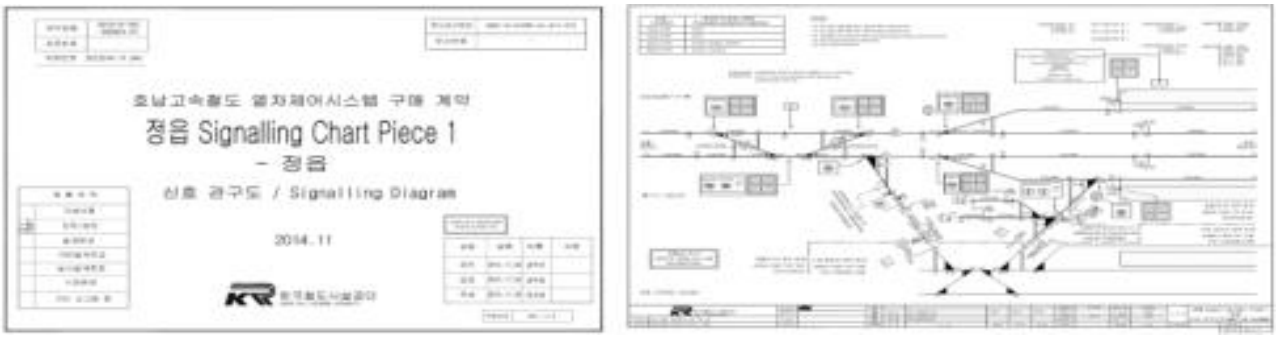
[표 3-60] 호남고속선 시험선 구간 내의 기존 및 신설 설비

구분	기존 설비	신설 설비
역구내	· 궤도회로 – ATC AF궤도회로(UM71C) · 연동장치 – 정읍역(IXL), 익산역(EIS)	· 지상인터페이스장치 – 정읍역신호기계실에 위치 · CTC 시뮬레이터, 지상RBC장치, 역정보처리장치 – 정읍시험사무소에 설치
폐색구간	· 궤도회로 – ATC AF궤도회로(UM71C) – 길이(간격) : 약 1.5Km – 구성 : 기기 집중형, 현장설비 · 안전설비 등	· 고정 발리스 – 설치 간격 : 약 1.5Km · RU 장치 – 설치 간격 : 약 1~1.5Km · 광케이블 및 전원선 포설

한국형 무선통신기반 열차제어시스템은 Distent-to-go 방식으로 선로 인프라 설계를 위한 구배, 곡선, 터널 등의 데이터 정보 수집 및 호남고속선 테스트베드 구간의 현장 조사를 실시하였다. [그림 3-140], [그림 3-141]은 선로 종단면도 및 선로평면도, 신호관구도로서 지상 인프라 설계를 위한 데이터로 사용된다.



[그림 3-140] 호남고속선 익산-광주송정 간 선로종단면도 및 선로평면도



[그림 3-141] 호남고속선 테스트베드 구간 신호 관구도(정읍 Signalling Chart)

2) 시험선 구간 인터페이스 설계 및 인터페이스 구축

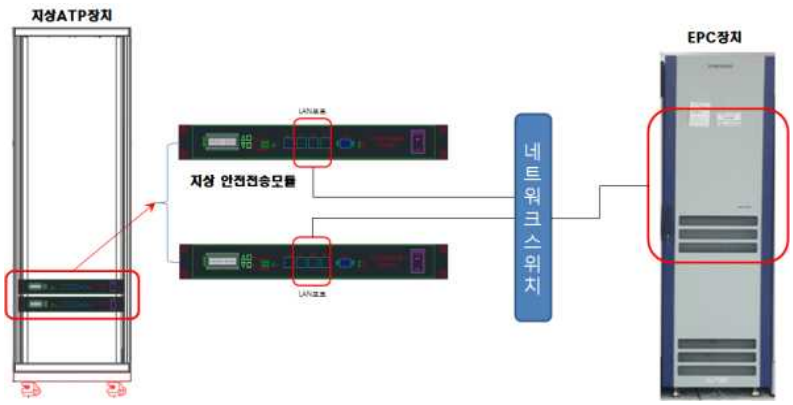
인터페이스 구축 항목으로 RBC-SRME 간 인터페이스, 안전전송유닛 인터페이스, 선로변 발리스 인터페이스에 대해 고려하였다.

RBC-SRME 간 인터페이스 구축은 SRME에서 추출되는 정보는 궤도회로 정보, 신호현시 정보, 선로전환기 정보, 진로정보, 연동장치 상태 정보 등이다. SRME에서 정보 추출 시, SRME 캐비닛의 구성품인 L3스위치의 여분 포트를 활용하여 인터페이스 구축한다.



[그림 3-142] RBC-SRME 간 인터페이스 개요도

지상안전전송유닛 인터페이스 구축은 LTE교환기(EPC)와 인터페이스되어 지상안전전송유닛의 2회선이 네트워크스위치와 연결되고 EPC는 1회선이 네트워크스위치와 연결되어 안전전송유닛의 정보를 전송하는 형태로 인터페이스를 구성한다.



[그림 3-143] 지상안전전송유닛 인터페이스 개요도

선로변 발리스 인터페이스 구축은 발리스 커버를 제작하여 영업 운전 중인 고속열차와 발리스 간 상호 응동이 되지 않도록 하며 겨울철 눈에 의한 파손에 보호되도록 있도록 한다.

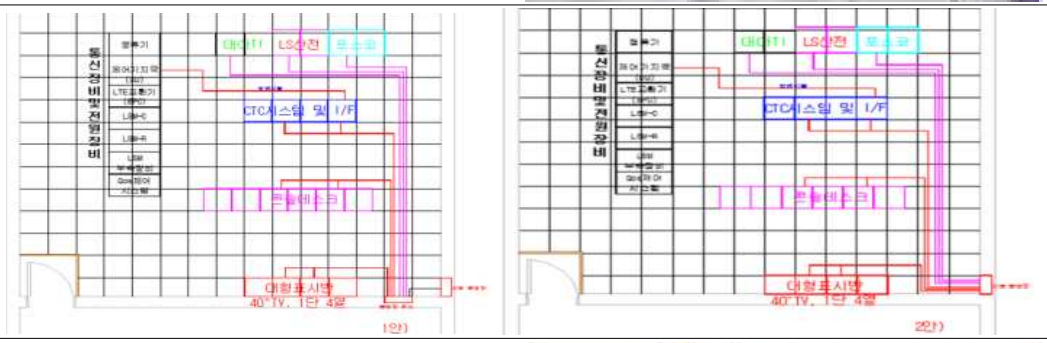
정읍시험센터에 설치되는 지상RBC장치가 신호기계실의 SRME와 인터페이스하기 위해서는 SRME가 설치된 정읍신호기계실과 통신장비가 설치된 정읍통신기계실에서의 장비 배치 및 케이블 설치를 위한 현장 조사 및 현장조사 결과를 반영한 장비 배치 설계, 인터페이스 구축을 [표 3-61]와 같이 수행하였다.

[표 3-61] 정읍신호기계실 및 통신기계실 현장조사, 인터페이스 설계 및 구축

구분	내용
정읍신호기계실 현장조사	
정읍통신기계실 현장조사	
정읍신호기계실 및 통신기계실 설계	
정읍신호기계실 및 통신 기계실 인터페이스 구축	

정읍시험센터에서의 장비 배치 및 케이블 설치를 위한 현장 조사 및 현장조사 결과를 반영한 장비 배치 설계, 인터페이스 구축을 [표 3-62]와 같이 수행하였다.

[표 3-62] 정읍시험센터 현장조사, 인터페이스 설계 및 구축

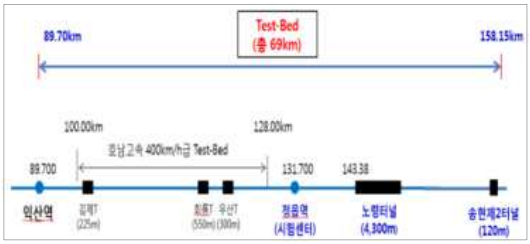
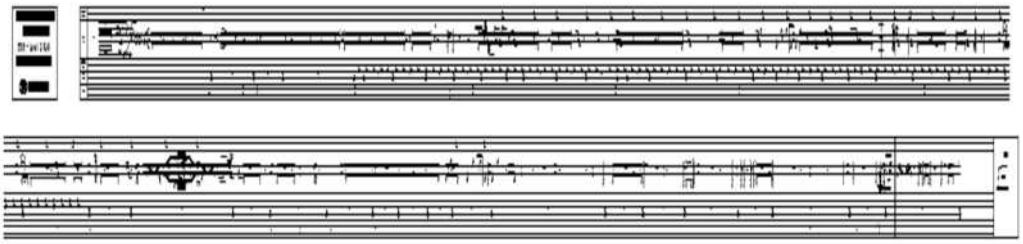
구분	내용
현장 조사	
설계	
인터페이스 구축	

LTE-R 무선안테나 설치에 의한 안테나 커버리지 실측 및 시험선 구간의 열차 속도 및 성능을 연속적으로 확인하기 위하여 설계를 최종적으로 수행하였다.

[표 3-63] 선로변 인터페이스 구축을 위한 현장조사 및 실측

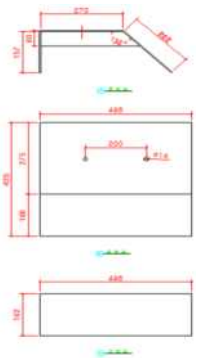
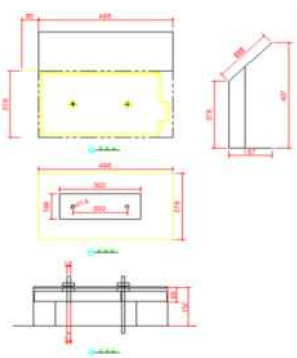
구분	내용
궤도회로 구성 및 위치에 따른 발리스 그룹 위치	
LTE-R 안테나 위치 실측	

[표 3-64] 호남고속선 시험선 ETCS - Level 2 PLAN 실시설계

구분	내용
시험구간 및 조감도	 
도면	  

호남고속선 시험선 구간에 시험용 발리스를 설치하기 위해 인접 시설물, 설치 위치, 시험완료 후 영업 열차에 지장을 주지 않도록 커버 설계 등을 고려해한다. 시험용 발리스에 대한 인터페이스 상세 설계 및 구축에 대한 상세 내용은 [표 3-65]과 같다.

[표 3-65] 시험용 발리스에 대한 인터페이스 상세 설계 및 구축에 대한 상세 내용

구분	내용
시험용 발리스 설계 및 제작	 [커버부]  [조립도]  [조립사진]
시험용 발리스 구축	

3) 시험선 인터페이스 고도화 설계 및 작업 계획 수립

2차년도에 설계된 시험선 인터페이스 및 인프라 환경은 3차년도에 실시된 인터페이스 기술검토 회의 및 운영기관과의 협의를 거쳐 고도화 설계되었으며, 고도화 설계는 [표 3-66]과 같이 궤도회로, 발리스, 정읍시험센터 개량의 항목으로 구분된다.

[표 3-66] 시험선 인터페이스 및 인프라 환경 고도화 설계

구분	내용	
궤도회로 및 발리스 고도화 설계	변경내용	- 궤도회로 통합 설계 및 및 발리스 위치보정 등
	변경사유	- 시험선 구간의 최적화 설계를 위한 궤도회로 통합 및 발리스 위치보정 등
정읍시험센터 고도화 설계	변경내용	- CTC 대형표시반 및 콘솔데스크를 기존 장비실에서 사무실로 이동 설계
	변경사유	- 장비실이 아닌 사무실에서의 현황 점검을 위한 재배치 (연구단 요청)
정읍통신기계실 고도화 설계	변경내용	- 광접속함 장착 위치를 기존 OFD#2에서 신호모뎀 큐피클로 이동 설계
	변경사유	- 광접속함 설치공간 및 케이블 인입불가로 접속함 설치 위치 변경

호남고속선 시험선 구간의 신규로 설치한 발리스와 입력된 텔레그램 정보는 [표 3-67]과 같다. BG 1001에서 기관사 책임모드에서 완전감시모드로 전환되어 레벨 1으로 운행한다. BG 1002에서 레벨 2 전이예고, BG 1004에서 레벨 2로 전환되어 운행하게 된다. BG 1005, BG 1006은 발리스 응동시 위치보고용이며, BG 1007은 핸드오버, BG 1011은 레벨 2에서 레벨 1으로 전이예고 마지막 BG 1012를 레벨 1으로 전이 발리스로 익산역까지 이동권한을 전송한다.

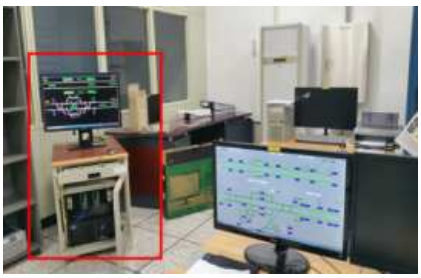
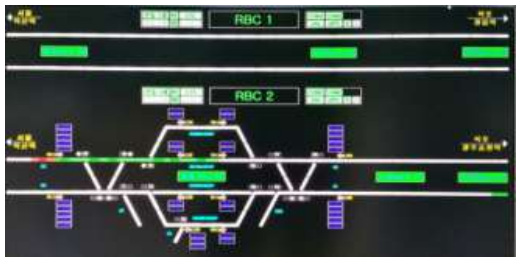
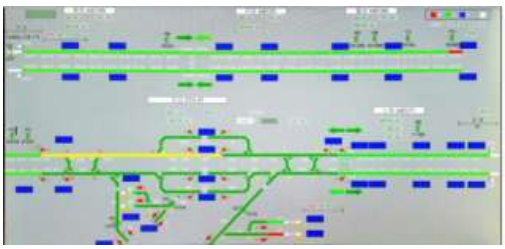
[표 3-67] 호남고속선 시험선 구간 발리스 설치 현황

구분	설치위치	내용	비고
BG 1001	157.984 ㎞	레벨 1 이동권한	
BG 1002	132.606 ㎞	레벨 2 전이예고	
BG 1004	131.742 ㎞	레벨2 즉시 전이	정읍역 본선
BG 1005	129.937 ㎞	위치보고	
BG 1006	124.430 ㎞	위치보고	
BG 1007	121.634 ㎞	즉시 RBC핸드오버	
BG 1008	118.839 ㎞	위치보고	
BG 1009	113.248 ㎞	위치보고	
BG 1010	108.801 ㎞	위치보고	
BG 1011	105.640 ㎞	레벨 1 전이예고	
BG 1012	105.140 ㎞	레벨 1 전이 및 이동권한	

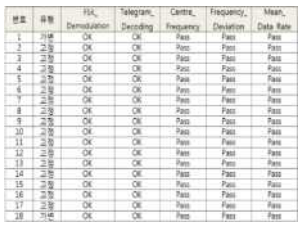
4) 시험선 인터페이스장비 구축 및 동작 확인

호남고속선 시험선 구간 인터페이스장비의 현장 설치이전에 [표 3-68]와 같이 인터페이스를 구축하고 [표 3-69]과 같이 사전 시험을 수행하여 정상 동작 결과를 확인하였다.

[표 3-68] 시험선 인터페이스 구축

구분	장소	관련 사진	구축 결과
SRME 인터페이스 구축	정읍고속 시험사업소	 <구축사진>  <SRME 통신정상 메시지>	지상인터페이스장치와 SRME 화면 비교 (정보가 정상적임을 확인됨)  <지상인터페이스장치 화면>  <SRME 화면>
역정보처리 장치 인터페이스 구축	정읍 시험센터	 	장치 전원 인가 및 소프트웨어 화면 표출 동작 확인 
선로변 발리스 인터페이스 구축	역간 선로변 구간	 	 

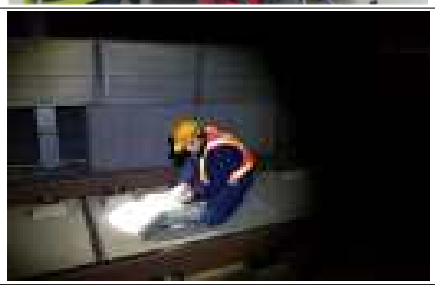
[표 3-69] 호남고속선 시험선 사전 인터페이스 시험 결과

구분	일시	장소	시험 구성 또는 장면	시험 결과
STU 인터페이스 사전시험	16.11.23. ~16.11.25	정읍시험센터		
SRME 인터페이스 사전시험	16.12.15. ~16.12.26	㈜테크빌 시험실		
발리스 사전시험	17.01.19 ~17.02.24	유경제어 ㈜ 시험실		

5) 성능시험 지원

호남고속선 시험선 구간 성능시험 전 다음과 표와 같이 안전 관련 업무 및 사업소 관계자와의 사전업무 협의를 수행하였다. 성능시험은 각 컨소시엄社 별로 성능시험 시 정읍시험센터의 인터페이스장비 동작확인, 선로내 발리스커버 탈부착 작업 등을 지원하였다.

[표 3-70] 성능시험 관련 안전교육 및 지원 내용

구분	내용
안전교육 및 업무협의	 
선로내 발리스커버 탈부착 작업	 
정읍시험센터 시험 지원	 

6) 철거 및 원상복구

사업소 담당자와의 철거 및 복구 관련 사전 협의 완료 후 정읍신호기계실, 정읍통신기계실, 정읍시험센터, 선로 내 KRTCS-2 인터페이스장비 철거를 다음과 같이 수행하였다.

[표 3-71] 호남고속선 시험선 인터페이스 장비 철거 및 원상복구

장소	대상	내용
정읍신호기계실	지상인터페이스장치	 [작업 전]  [작업 중]  [작업 후]
	SRME S/W 개수 (원상복구 완료)	 [작업 전]  [작업 중]  [작업 후]
정읍통신기계실	광케이블 등	 [작업 중]  [작업 후]  [작업 후]
정읍 시험센터	인터페이스 장비	  [철거 전]   [작업 중]   [작업 중]   [철거 후]
선로내	발리스 등	 [작업 전]  [작업 중]  [철거 및 복구 완료]

사. 경강선 시험선 시험선 지상 열차제어 인터페이스 구축

1) 경강선 시험선 구간 현황

강릉선 시험선 구간은 만종-횡성 간 약 25km 시험선 구간에서 LTE-R 기반 열차제어시스템(KRTCS-2)과 기존 신호설비(ATP시스템 포함)의 인터페이스 및 LTE-R 무선통신 시스템과 연계한, 지상 열차제어시스템 구축 및 KRTCS-2 차상 열차제어시스템이 설치된 디젤기관차(DL4457호)의 시운전에 따른 지상-차상 간 인터페이스 시험을 통한 KRTCS-2 열차제어시스템의 성능검증을 수행한다.



[그림 3-144] 강릉선 시험선 구간 시험 개략도

현재 원주-강릉 신규노선은 일반선으로서 설치되는 신호설비가 설치되며 [표 3-72]과 같이 크게 실내 설비와 실외 설비로 구분되고 설비의 사용 목적에 따라 열차제어시스템, 안전설비, 전원장치, 선로변 설비로 구분된다.

[표 3-72] 원주-강릉 신규노선 일반선의 신호설비 구분

구분		장비 명
실내 설비	열차제어시스템	전자연동장치(계전기랙, 케이블랙 포함), 유지보수장치, 역조작반, 임펄스 궤도회로, LEU(역구내 집중형)
	안전설비	분기기 히팅제어 등
	전원설비	주전원배전반, 무정전전원장치, 정류기장치, 축전지
	유지보수설비	신호유지보수콘솔, 궤도회로기능감시장치, 전기설비지원시스템
실외 설비	선로변 설비	신호기, AF궤도회로, 폐색제어장치, 선로전환기, 신호기주 및 표지, LEU, 발리스 등
	안전 설비	지장물검지장치, 터널경보장치 등

강릉선 시험선 구간에서 시험 시 현재 운용중일 설비와 시험용 신설(인프라 구축) 설비를 동시에 사용해야 하며, 역구내 및 폐색구간에서의 기존 설비와 시험용 신설(인프라 구축) 설비의 현황은 [표 3-73]과 같다.

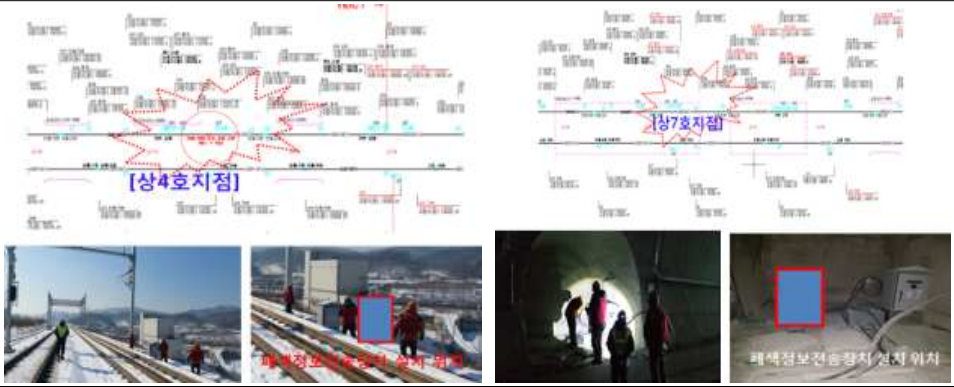
[표 3-73] 시험선 구간 내의 기존(신규노선) 및 신설(인프라 구축) 설비

구분	기존(신규노선) 설비	신설(인프라 구축) 설비
역구내	· 궤도회로 : 고전압임펄스궤도회로 · 전자연동장치 : 만종역, 횡성역 · LEU : 집중형 · 발리스 : 가변발리스, 고정발리스	· 지상인터페이스장치: 만종역, 횡성역 · 폐색정보전송장치(역장치용) : 만종역, 횡성역 · 광케이블 및 전원선 포설
폐색구간	· 궤도회로 : 무절연 AF궤도회로 · LEU : 분산형 · 발리스 : 가변발리스, 고정발리스	· 고정 발리스: 레벨전이 구간(상/하선 각각 2개소) – 핸드오버 구간(상/하선 각각 1개소) · 광케이블 및 전원선 포설
시험센터	없음	· CTC 시뮬레이터 · 지상 RBC장치 (컨소시엄사 별 2개) · 역정보처리장치

2) 현장조사 및 설계

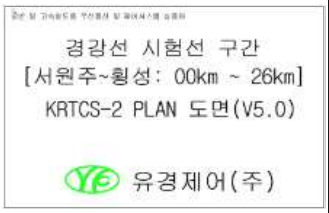
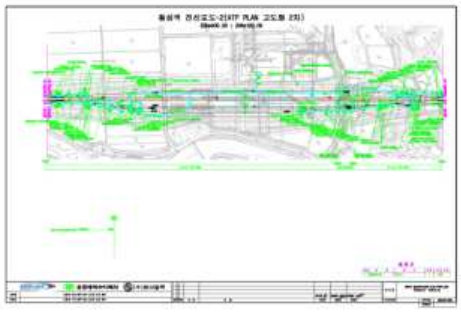
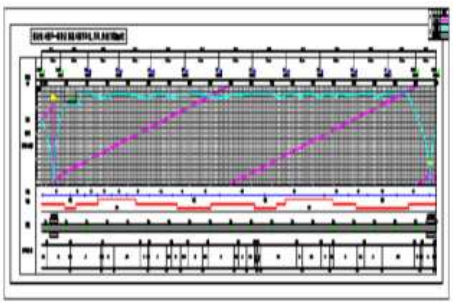
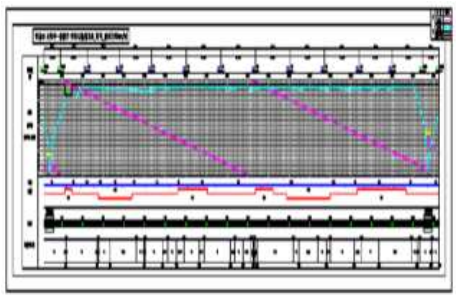
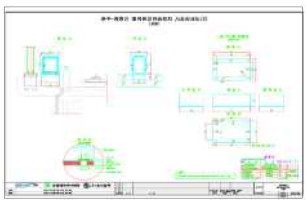
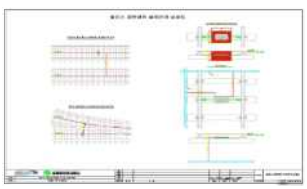
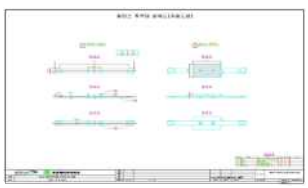
만종역 신호기계실 및 통신기계실, 횡성역의 신호기계실의 현장조사를 수행하였고, 폐색정보전송장치(현장장치용) 설치 위치(자동폐색장치(ABS) 및 종단궤도 인접개소에 설치) 및 광케이블 포설을 위한 현장조사 및 실측을 수행하였다.

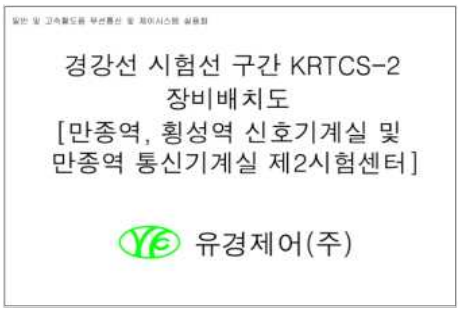
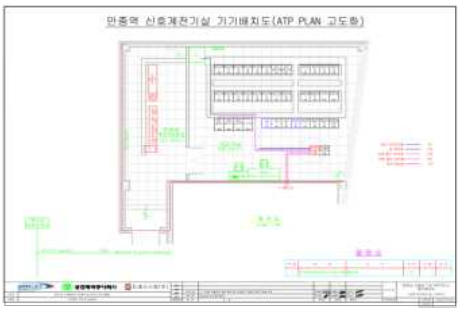
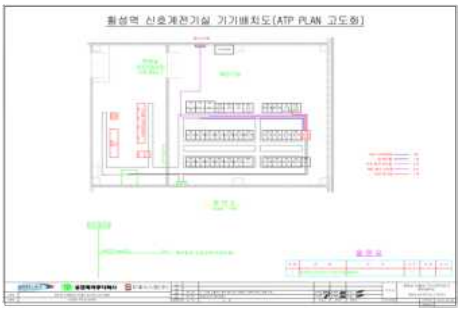
[표 3-74] 만종역과 횡성역 각 기계실 현장조사

구분	내용
만종역 신호기계실	
만종역 통신기계실 (제2시험센터)	
선로변 조사 및 실측	

신규 역사의 신호기계실 및 선로변 현장조사 내용을 바탕으로 다음과 같이 KRTCS-2 Plan, 전선로도, 전자연동장치 인터페이스 결선도, ABS기구함 인터페이스 결선도, 폐색정보전송장치 현장기구함 결선도, 만종역 및 횡성역 신호기계실과 만종역 통신기계실 장비배치도 등을 [표 3-75]와 같이 설계하였다.

[표 3-75] 시험선 구간 설계 도면

구분	내용
KRTCS-2 Plan	  
전선로도	 <만종역 전선로도(일부)>  <횡성역 전선로도(일부)>
운전곡선도	 <하선 운전곡선도>  <상선 운전곡선도>
폐색정보전송장치 현장설치도	 <토공구간 설치도>  <교량구간 설치도>  <터널구간 설치도>
선로 내 발리스 현장설도	  

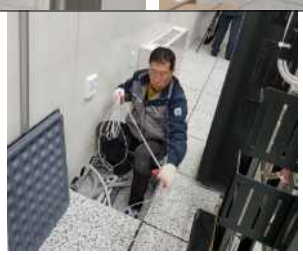
구분	내용
만종역 및 횡성역 신호기계실, 만종역 시험센터 장비 배치 및 인터페이스도	   
폐색정보전송장치 기본도면 및 개소별 인터페이스 결선도	 
선로변 AF기구함 및 ABS기구함 인터페이스	 
만종역 및 횡성역 전자연동장치 KRTCS-2 인터페이스 결선도	 

3) 시험선 작업계획 수립 및 구축

시험선 구간 현장 설치 이전에 현장 사업소 담당자와의 작업계획서 협의, 작업계획서 제출, 안전교육 등을 수행하였다. 사전 협의된 작업 계획에 의거 선로 변 폐색정보전송장치(현장장치용), 선로내 발리스, 만종역 및 횡성역 신호기계실 폐색정보전송장치(역장치용), 만종시험센터 역정보처리장치 등을 다음 표와 같이 구축하고 인터페이스 시험을 완료하였다.

[표 3-76] 만종역과 횡성역 각 기계실 현장구축

구분	내용
선로변 폐색정보전송장치 (현장장치용) 기구함 구축	
선로변 폐색정보전송장치 (현장장치용) 인터페이스 작업	
선로내 발리스 구축 작업	 [작업 전] [작업 중] [작업 완료]
만종역 신호기계실 폐색정보전송장치 (역장치용) 설치 작업	 [작업 전] [작업 중] [작업 완료]

구분	내용
횡성역 신호기계실 폐색정보전송장치 (역장치용) 설치 작업	 [작업 전]  [작업 중]  [작업 완료]
만종역 신호기계실 전자연동장치 S/W 개수 작업	  
만종시험센터 구축 인터페이스 구축 및 장비 반입	   
만종시험센터 내 폐색정보전송장치 (모니터링장비) 구축	 [작업 중]  [작업 중]  [작업 완료]
만종시험센터 내 폐색정보전송장치 (KMC) 구축	 [구축 전]  [작업 중]  [구축 후]
장치 간 인터페이스 시험 (정상 동작 완료)	  

4) 성능시험 지원

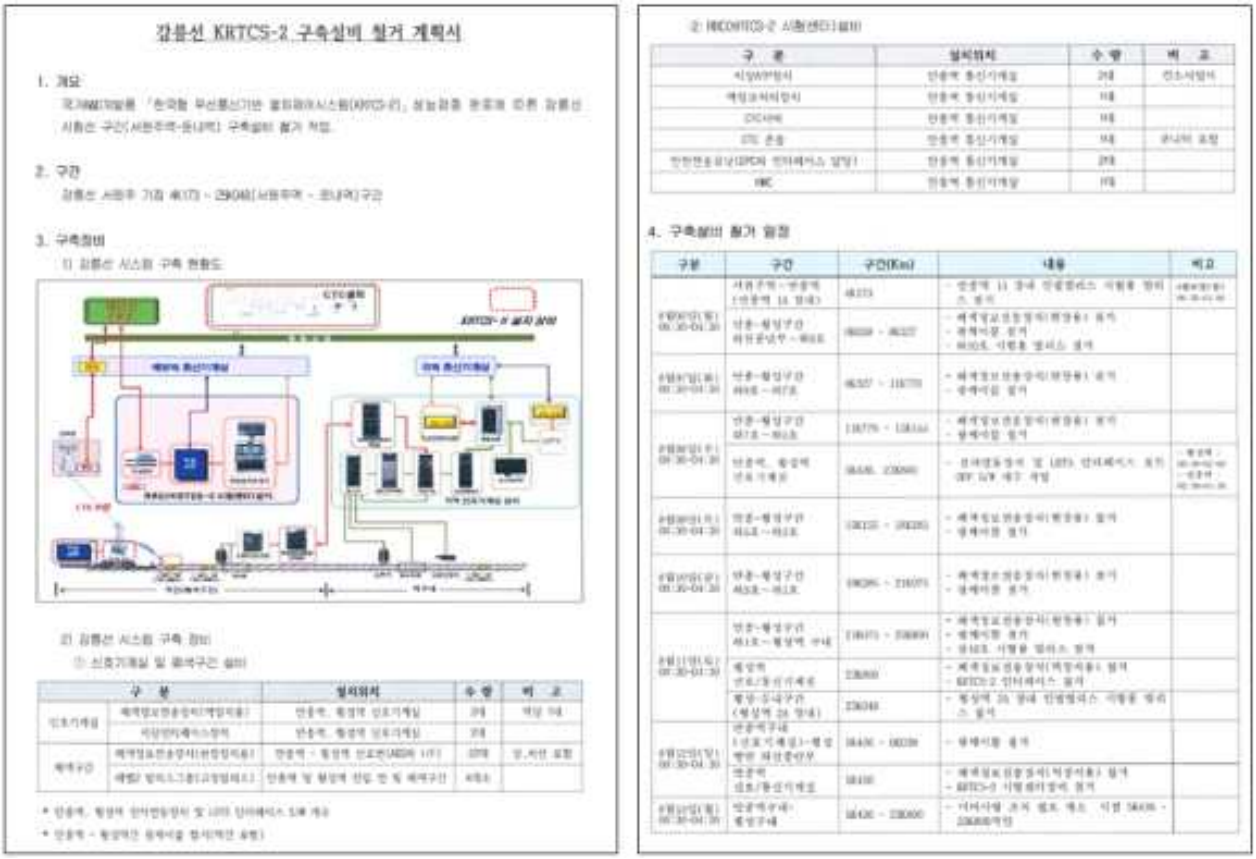
강릉선 시험선 구간 성능시험 전 안전 관련 업무 및 사업소 관계자와의 사전업무 협의를 수행하였다. 성능시험은 각 컨소시엄社 별로 [표 3-77]과 같이 성능시험 시 만종시험센터의 인터페이스장비 동작확인, 선로내 발리스커버 탈부착 작업 등을 지원하였다.

[표 3-77] 성능시험 전 관계자와 업무 협의 및 시험 지원

구분	내용
안전교육 실시	 
개소별 발리스 취부상태 점검	   
운영기관 관계자와의 합동 장비 점검	  
선로내 발리스커버 탈부착 작업	 
만종시험센터 시험 지원	 

5) 철거 및 원상복구 계획 수립

시험선 구간 선로 내 KRTCS-2 발리스, 선로변에 설치된 폐색정보전송장치(현장장치용), 만종역 및 횡성역 신호기계실에 설치된 폐색정보전송장치(역장치용), 만종역 통신기계실(제2시험센터)에 설치된 역정보처리장치, 지상STU 등의 시험장비와 시험장비 간 인터페이스에 따른 각종 케이블에 대해 작업조정회의를 통해 8월6일부터 13일까지 철거 하는 것으로 계획을 수립하였다. [그림 3-145]은 작업조정회의 및 사업소와 역에 협의를 시행한 작업계획서로 시험선 구간의 철거 및 원상복구는 본 연구과제의 최종 평가일 이전에 완료 될 것이다.



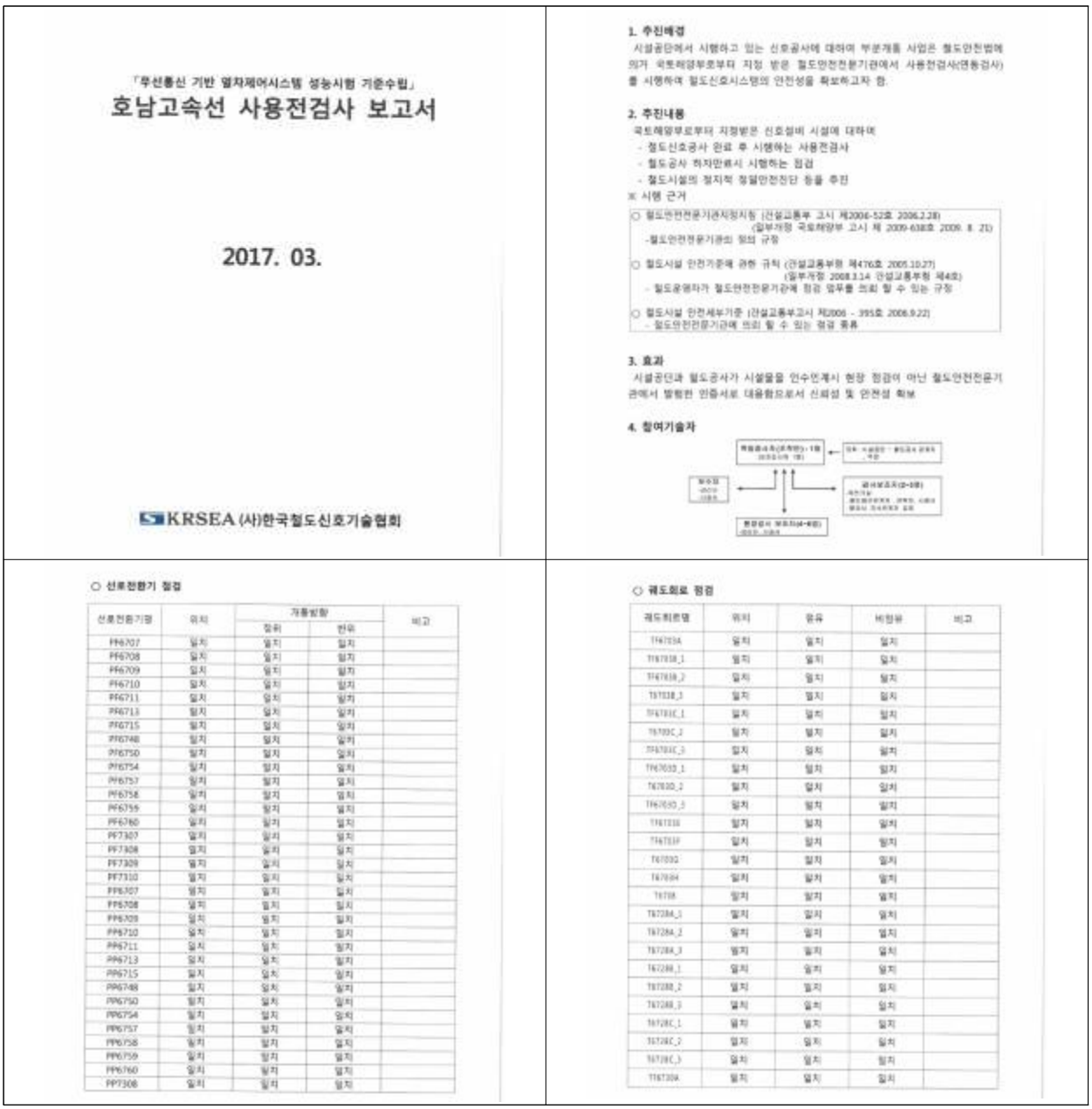
[그림 3-145] 강릉선 KRTCS-2 지상 설비 철거 계획서

아. 시험선 사용전검사

KRTCS-2 열차제어시스템의 지상설비에 대하여 신호제어설비 시공품질을 평가하여 열차의 운행 가능여부를 종합적으로 판단하기 위한 사용전검사를 시행하여 각종 인터페이스 성능이 적합성을 확인한다. 사용전검사는 문서에 검토 이후 현장설비가 정상적으로 동작하는 지를 확인하는 방식으로 진행 한다. 발리스는 설계한 값과 동일한 CRC 값이 유지보수장비(TPG)에서 수신되는지 확인한다. RBC의 정보는 CTC, EIS, 인접 RBC, 차상 KVC와 인터페이스 정상적으로 구성되었는지 확인한 이후 궤도회로 점유상태, 선로전환기 방향, 신호기 현시 및 진로방향, 시스템 상태 등 정보를 연동장치 등과 비교하여 평가한다. 이런 검사 방법은 기존 CTC 연동검사와 유사한 것으로 판단되며 동일한 절차로 진행한다.

1) 호남고속선 사용전검사

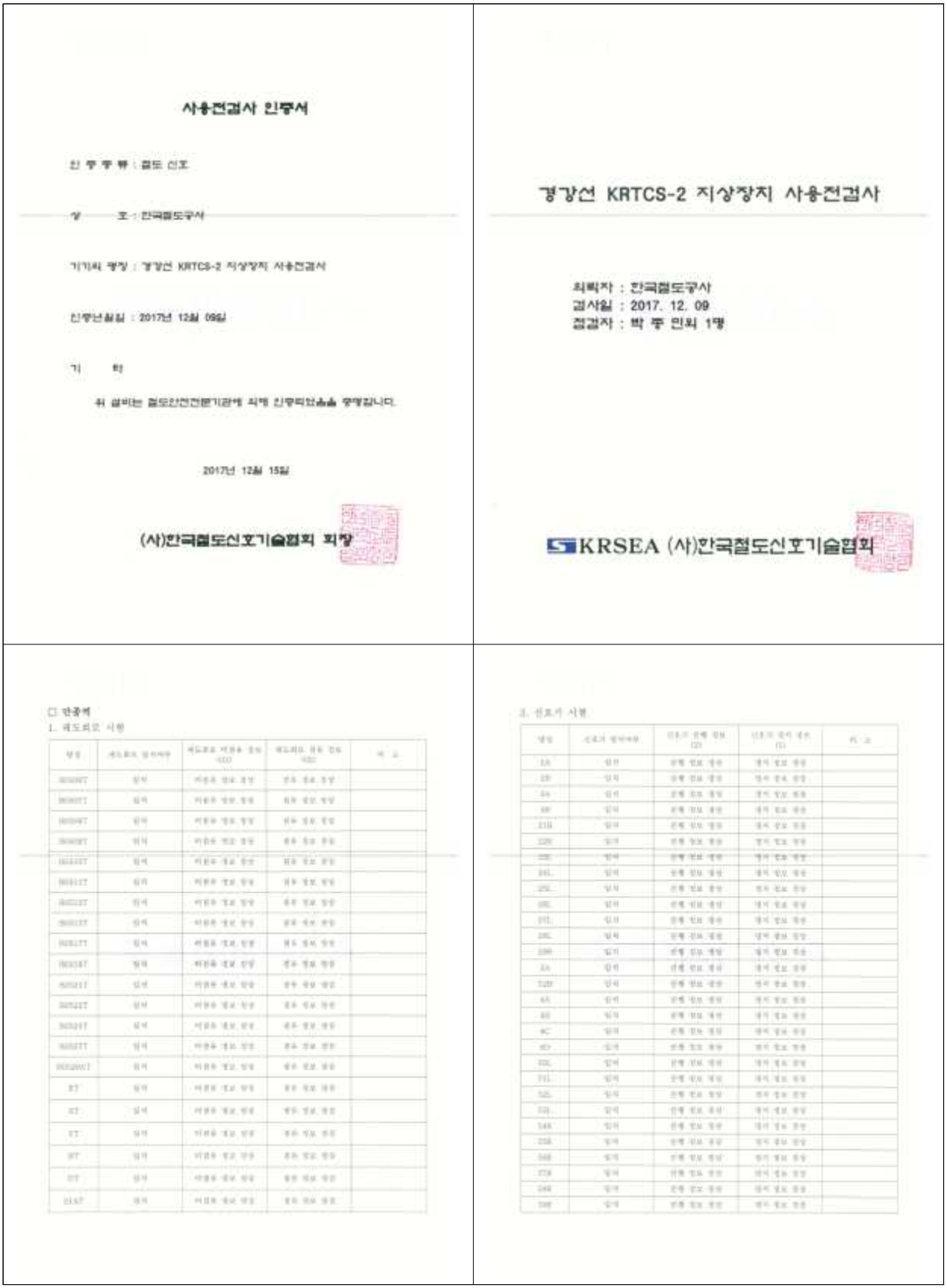
호남고속선은 대상설비는 신규로 설치한 발리스, RBC와 정보를 전송하는 연동장치의 선로전환기, 궤도회로 정보 등을 검사하였으며 [그림 3-146]과 같이 정상동작을 확인 하였다.



[그림 3-146] 호남고속선 사용전검사 결과

2) 강릉선 사용전검사

강릉선 또한 호남고속선과 동일한 방식으로 RBC의 정보를 확인한 결과 선로전환기, 신호기, 진로 상태 등이 정상적으로 수신됨을 확인하였다.

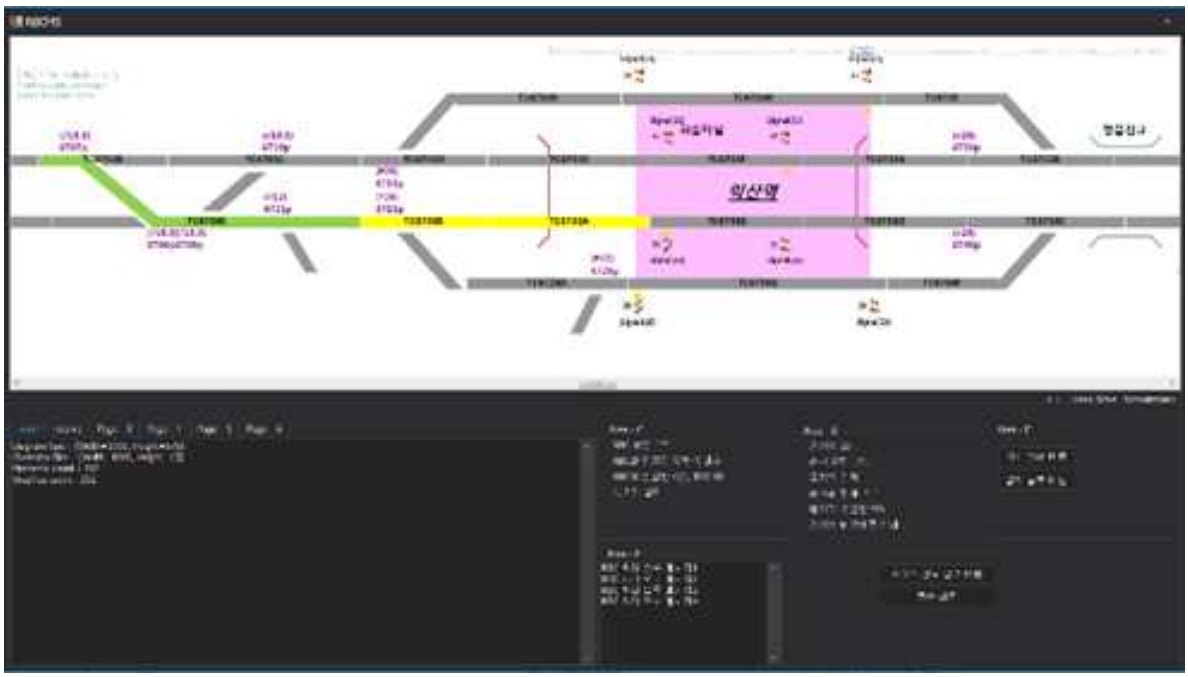


[그림 3-147] 강릉선 사용전검사 결과

3) 유지보수 효율을 위해 요구사항

RBC 사용전 검사는 CTC 연동검사와 유사하게 기본적인 인터페이스 확인 이후 연동도표를 이용하여 궤도회로 점유상태, 신호기 진로상태, 시스템 상태 등을 모두 확인한다. 최초 사용자 검사 시 RBC에 표시기능이 없어 로그 데이터를 이용하여 상태정보를 비교하는 방식으로 시행하여 많은 시간과 확인에 어려움이 있었다. 그래서 RBC 유지보수 모니터에 제어영역내의 배선약도 및 선로상태를 확인 할 수 있도록 개선을 요청하였다.

참여기업에서 안전성 인증에 영향이 없는 범위 내에서 반영하였으며, 미반영 기관도 사업화 이전까지 완료할 예정이다. [그림 3-148]에서 RBC 모니터링 화면에서 궤도회로 점유 및 진로상태를 표시하는 것을 확인 할 수 있다.



[그림 3-148] RBC 모니터링 화면에서 궤도회로 점유 및 진로상태 표시

4. 한국형 무선통신기반 열차제어시스템 성능평가

가. 성능시험 계획

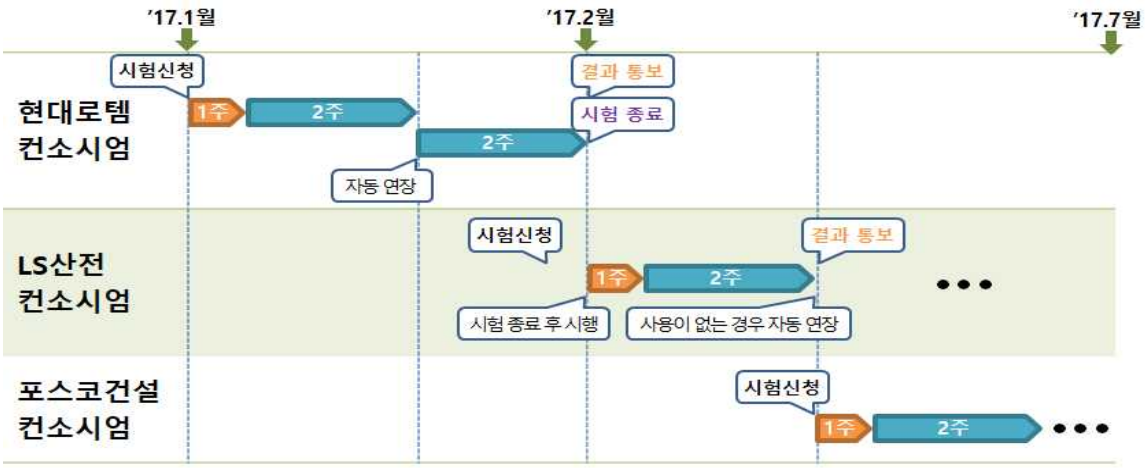
유럽표준규격 및 KRTCS-2 인터페이스 개발사양을 충족하는 3개 컨소시엄社의 개발품은 [그림 3-149]과 같인 3단계의 성능검증을 수행하게 된다. 첫째, 컨소시엄 자체에서 수행하는 환경시험, 둘째, 통합시험실 기능시험 및 시험선 주행시험, 셋째, LTE-R과의 연동을 통한 영업노선에서의 종합시험을 수행한다. 3단계 시험은 현차시험으로 운행노선의 특성으로 월 4회 정도의 제한된 운행 횟수이므로 통합시험실에서 지상-차상 통합시험을 완료한 경우에 한하여 3단계 시험을 진행 할 수 있도록 하였다. 현차시험 절차서는 관련 규정을 검토하여 성능시험 위원회를 통해 절차서를 확정한다.



[그림 3-149] 열차제어시스템 성능시험 절차

1) 통합시험 절차서

통합시험실 시험검증 장비는 1대로 3개 컨소시엄社의 개발품을 시험하기 위해 [그림 3-150]와 같은 절차를 만들었다. 시험신청는 컨소시엄에서 철도공사와 유경제어로 시행하며 결과 통보는 유경제어에서 철도공사와 컨소시엄으로 문서를 시행한다. 시험신청이 접수되면 1주일간 인터페이스 및 11가지 기본 시험을 시행하고 이상이 없는 경우 지상, 차상 개별시험, 지상-차상 통합시험 순으로 시행한다.



[그림 3-150] 통합시험 신청 및 시험 절차

2) 현차시험 항목 관련 규정 조사

ERTMS/ETCS 시스템은 SUBSET 076에 성능시험을 위한 시나리오가 정의 되어있어 연구실에서 기능시험을 시행하고 SUBSET 076시험을 만족할 경우 안전성 인증에 문제가 없다. 본 연구에서는 SIL4 인증과 별도로 현차시험을 통해 기능에 대한 공인기관 시험을 시행하도록 과업이 되어 있어 관련 법령 및 기준을 조사하고 최적의 현차시험 기준을 마련하였다.

현차시험시 시험항목과 관련된 기준은 철도안전법 하부의 철도차량 기술기준이 있으며, ATP 시스템의 제한속도와 관련된 철도공사 사규는 운전보완장치 취급 내규 및 ATP시스템 도입시 적용된 ATP 열차운용 설정값에서 확인할 수 있다. 기술기준에는 시운전 시험에는 '제동시험'과 '지상설비 연계동작시험'으로 분류된다. 일반적으로 차량의 제동시험은 상용제동과 비상제동이 있다. 지상설비 연계동작시험은 ATS, ATP 등 열차제어시스템에 따라 시험하게 된다.

- 고속철도차량 기술기준[KRTS-VE-Part31-2017(R1), 국토교통부 고시 제2017-138호]
- 일반철도차량 기술기준[KRTS-VE-Part41-2014(R1), 국토교통부 고시 제2014-820호]
- 운전보안장치취급 내규(개정 2017.07.11. 2017-1호) 제65조(각종 속도제한)
- ATP 열차운용 설정값(Ver 4.0, 2011.7.13.)

< 고속철도차량 및 일반철도차량 기술기준 발췌 >
5.4 시운전시험
5.4.2 제동시험
5) 시험
(3) 시험방법
가. 제동성능시험
나) 비상제동시험
(아) 차상신호장치에 의한 비상제동시험
열차 허용최고속도 이상으로 가속시 차상신호감지에 의한 비상제동거리를 측정한다.
5.4.14 지상설비 연계동작시험
4) 시험 방법 및 판정기준
(2) 정지상태 시험
가. 신호장치 정지상태 시험 : 열차의 정지 상태에서 신호장치의 기능을 시험하여 이상이 없어야 한다.
나. 출발전 시험 및 일상시험 : 열차가 본선에 진입하기 전 차상신호장치의 자기진단 기능을 실시한 후 종합제어장치의 모니터에 이상발생 현시가 없어야 한다.
(3) 운행시험
가. 신호장치 기능시험
가) 역전기를 역행 위치로 설정하여 차량을 운행하면서 지상에 설치된 신호장치 지상자로부터 신호를 정상적으로 수신하여 기관사 표시장치에 표시되는지 확인한다.
나) 지상신호장치로부터 수신된 제어정보에 따라 차량이 정상적으로 속도제어, 제동제어, 불연속정보 전송 제어 등의 기능이 정상적으로 수행되는지 확인한다.
다) 지상이 ATS/ATC/ATP 제어구역이 혼재되어 있는 운행 노선의 경우, 제어구역 변경에 따라 차상신호장치가 지상신호장치에 대응하는 장치로 전환제어 및 동작되는지 확인한다.
라) 후진검지 및 제동체결 시험 : 열차의 운행방향이 전진인 상태에서 열차가 후진하게 되는 경우, 제동이 체결되는지 확인한다. 다만, 해당 기능을 가지고 있는 경우에 적용한다.

[별표 18] 시운전시험의 대상 항목
2. 제동시험 : 차상신호장치에 의한 비상제동시험
14. 지상설비 연계동작시험 : 운행시험(신호장치 기능시험)

< 운전보안장치취급 내규 발췌 >
제65조(각종 속도제한) ATP시스템에서 열차 또는 차량은 다음 각 호의 제한을 넘는 속도로 운전할 수 없다.
1. 책임모드 : 45㎞/h 이하
2. 트립/트립 후 모드
가. 퇴행 시 : 15㎞/h 이하(퇴행거리제한 10m).
나. 앞 계속운행 시 : 45㎞/h 이하(책임모드 상태)..
3. 입환모드 : 25㎞/h 이하(STM모드 입환운전 포함).
4. 비장착모드 : 70㎞/h 이하
5. 특수운전기능 활성화의 경우 : 25㎞/h 이하(이동거리 제한 80m, 활성화시간 제한 60초)
6. 완해속도 : 25㎞/h 이하(다만, 동해선의 경우 15㎞/h 이하) <개정 2015.06.18>
7. STM모드 운행속도 : ATS 신호현시 계열에 따른 속도이하. 다만, 최고속도 150㎞/h이상 선구의 운행열차는 열차운전 시행세칙에 따로 정한다.

3) ATP 시스템과 시험항목 비교

시험운전을 위한 절차서는 관련 규정 및 시스템 동작에 대한 조건을 확인하고, 기능을 확인하는 절차서를 작성하여 공인기관에 요청하게 된다. 성능시험 절차서는 성능검증시험 절차에 따라 철도운영기관(철도공사 차량 및 신호분야), 철도건설기관(철도공단), 전문가로 구성된 7인의 위원회에서 검토 후 최종 확정하였다.

강릉선 현차시험 절차서의 시험항목과 국내 ATP 및 해외 ATP에 대한 시험 항목을 비교하면 [그림 3-151]은 한국철도공사 간선형 전기동차의 ATP시험 항목으로 모드 시험, 정지통과 시험, 퇴행바지 기능 시험, 레벨 전환시험 등을 시행했다. [그림 3-152]은 터기 전기기관차 ATP 시험 항목은 상용 및 비상제동 시험과 기관사 책임모드와 입환모드 및 오버라이드에 대한 시험을 시행한다. 이것은 기본적인 기능은 시스템 제작 시 기능을 확인하고 안전성 인증(SIL4)을 득하였기 때문에 제동 및 운행 시험을 하는 것으로 판단 할 수 있다.

마지막 [그림 3-153]은 강릉선 일반차량의 시운전 항목으로 정상주행시험(레벨전환 포함), 제동시험, 운행모드 시험, Level 1 및 Level 2 시험 등 시험을 시행한다. 제동과 관련된 항목은 국가 설정값에서 제한을 갖는 항목을 모두 시행하게 되는데 이것은 SUBSET와 다른 제한속도를 갖기 때문에 반드시 확인 할 필요가 있기 때문이다.

가) 한국철도공사 간선형 전기동차 ATP 시험항목

한국철도기술연구원 Korea Railroad Research Institute		관리번호(Doc. No)	T12-0289-FCBE1401
		개정번호(Rev. No)	R00
		페 이 지(Page No)	3 / 22
시험 절차서 Test Procedures	한국철도공사 간선형 전기동차 138량 Trunkline Electric Car(TEC) 138 CARS for Korail	운행선로시운전 Running Test on Mainline	신호보안장치 지상설비연계동작시험 Interface Test with Wayside Facility

6. 시험 항목

구분	시험	시험수준	
		형식	전수
ATP 시험	비장착 모드(LEVEL 0) 시험	O	O
	기관사 책임모드 시험	O	O
	입환모드 시험	O	O
	완전 감시 모드 시험	O	O
	EOA 시험 [트립모드 인가 및 복귀]	O	-
	정지신호 통과 시험[특수운전(OVERRIDE)]	O	-
	퇴행 방지 기능 시험	O	-
	전차선 절연 구간 제어	O	O
	ATP -> ATS 레벨 전환	O	O

[그림 3-151] 한국철도공사 간선형 전기동차 138량 ATP시험 항목

나) 터기 전기기관차 ATP 시험항목

	Test Name	Test Purpose	Type / Routine	Static / Dynamic	Comments
Main Line Test	Odometer test	Calibration (if not done during Workshop Tests)	Routine	Dynamic	Refer to FAIVELEY procedure [ODO_TCDD]
		Performance	Type		
	ERTMS/ETCS Tests	Speed control – Emergency Brake	Routine	Dynamic	
		Speed control – Service Brake	Routine	Dynamic	
		Start of Mission – SR mode	Routine	Static	
		Start of Mission – SH mode	Routine	Static	
		Start of Mission – Override procedure	Routine	Static	

[그림 3-152] 터기 전기기관차 80량 현차시험 항목(AnsaldoSTS-현대로템)

다) KRTCS-2 강릉선 일반 기관차 시험항목

7. 시험 항목

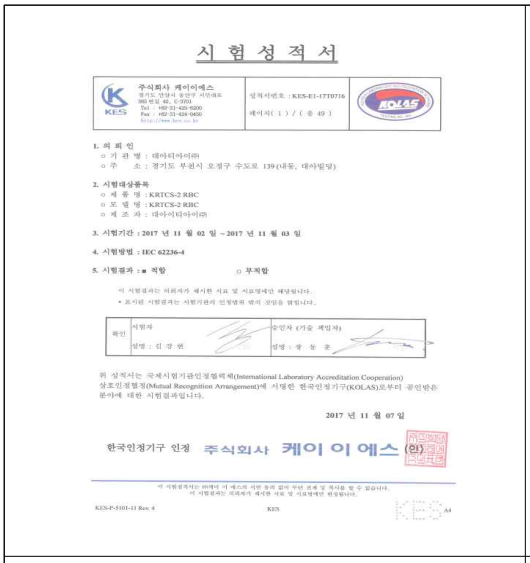
구분	시험항목	세부시험항목	비고
1	만종→횡성(하선) 정상 주행 시험	완전감시모드 전환, 레벨 전환(Lv1→Lv2→Lv1), RBC 핸드오버 시험	지상 RBC, KVC 해당
2	완해속도 감시, 특수운전모드, 레벨2 입환모드 시험	완해속도 감시 시험	KVC 해당
		특수운전모드 (OVERRIDE) 사용 시 제한범위(25km/h, 60s) 준수 시험	
		레벨2에서 입환모드 시험	
3	임시제한속도 적용, 정지신호 통과 시 트립(비상제동)	임시제한속도 적용 시험	지상 RBC, KVC 해당
		정지신호 통과 시 트립 시험	
4	입환모드 및 비장착 모드 운행	입환모드 폐색신호기 통과 시험	KVC 해당
		비장착 모드(70km/h 제한속도) 운행 시험	
5	고장시험 (만종역구내)	그룹 발리스 내 1개 발리스 미검지 고장시험	KVC 해당
		차량밀림 시험	
		레벨 1 상용제동 시험	
6	횡성→만종(상선) 정상 주행	완전감시모드 전환, 레벨 전환(Lv1→Lv2→Lv1), RBC 핸드오버 시험	지상 RBC, KVC 해당

[그림 3-153] 강릉선 DL기관차 현차시험 항목

4) 참여기업 환경시험 성적서

가) 현대로템 컨소시엄

- 지상 RBC

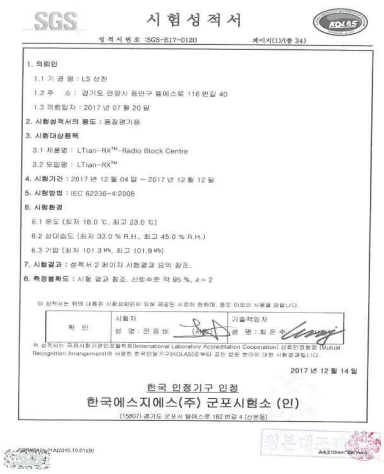
	
EMI-EMC 전자파시험	내환경 시험

- 차상장치

		
EMI-EMC 전자파시험	내환경 시험	진동 및 충격시험

나) LS산전 컨소시엄

- 지상 RBC

	
EMI-EMC 전자파시험	내환경 시험

- 차상장치

		
EMI-EMC 전자파시험	내환경 시험	진동 및 충격시험

나. 통합시험실 성능평가

1) 하부시스템 별 시험항목 정의

본 과제를 통해 개발되는 열차제어시스템(KVC, 지상RBC)의 시험선에서의 종합시험 시 사전에 설비 간 인터페이스를 점검하여 안전성을 확보하고자 KRTCS-2 인터페이스 항목에 대한 사전점검사항을 정의하였다. 새로 개발되는 지상RBC 및 KVC장치와 기존 설비와의 인터페이스 확인을 위하여 다음의 4건을 정의하였으며, 총 404개의 시험항목들로 구성된다.

2) 통합시험 절차 수립

통합시험실 기능시험 절차서는 유럽열차제어시스템(ETCS; European Train Control System) 표준규격 Subset-026 2.3.0 시스템 요구사항 및 Subset-094 시험실 요구사항에 준하여 구축된 유경제어㈜ 통합시험실에서 수행되는 3개 컨소시엄 개발품(KVC, 지상RBC)의 기능시험에 적용한다. 통합시험은 호남고속선 시험선에서의 현차시험 전 컨소시엄 별 열차제어시스템(KVC, 지상RBC)의 인터페이스 점검 및 기능시험을 수행하기 위해 유경제어㈜ 통합시험실에 구축된 유럽공인성능검증기관 장비를 사용하여 성능평가를 실시한다. 기본시험에 사용되는 시험시나리오는 ETCS 공인성능검증기관인 Multitel社의 협조을 받아 ETCS Level 2 기능에 기본이 되는 항목들로 구성된 것이다.

3) 실험실 기능시험

통합시험 절차에 따라 KRTCS-2 인터페이스 개발사양 및 유럽표준규격(Subset)에 대하여 컨소시엄 별 기능시험을 수행한다.

- 통합시험 대상

- 시험신청 및 결과통보
  * 컨소시엄 단위로 통합시험 수행
  * 시험신청 : 참여기업에서 한국철도공사, 유경제어㈜로 시험 신청
  * 결과통보 : 유경제어㈜에서 한국철도공사, 참여기업으로 시험 결과통보
- 시험조직 : 통합시험 총괄(한국철도공사), 통합시험 시행(유경제어㈜, 컨소시엄), 통합시험 지원(㈜엔비플러스)

- 통합시험 조건
  * KVC 및 지상RBC는 KRTCS-2 과제에서 정의한 인터페이스 개발사양을 만족해야 한다.
  * KVC 및 지상RBC는 유럽표준규격(Subset-026, 2.3.0)에서 요구하는 성능을 만족해야 한다.
  * 유럽표준규격(Subset-094) 시험실 요구사항에 준하여 구축된 유경제어㈜ 통합시험실에서 통합시험 절차서에 따라 수행된다.

- 시험결과 검증
  * 컨소시엄 별 시험결과 자체 검증
  * 한국철도공사 입회시험 및 시험결과 검증
  * 유럽열차제어시스템(ETCS) 공인성능검증기관(Multitel社)의 시험결과 확인

[표 3-78]~[표3-82] 는 통합시험의 주요 시험내용 및 시나리오에서 기능을 확인하는 항목들이다.

[표 3-78] 호남고속선 통합시험 방안

구분	내용	시험 방안
1	장치 간 인터페이스 점검	인터페이스 Check List
2	지상장치 기본시험	호남고속선 시험선 주행 시나리오
	차상장치 기본시험	Subset-076, 11개 시나리오
3	지상～차상장치 연계시험	호남고속선 시험선 주행 시나리오

[표 3-79] 호남고속선(익산～모암IEC) 주행 시나리오

구분	내용
1	레벨1 운행 시작 기능 시험 (Start of Mission) KVC
2	레벨1 이동권한 수신 및 선로 상태정보 현시 기능 시험
3	레벨1→레벨2 전이 기능 시험
4	레벨2 이동권한 송·수신 시험
5	레벨2 RBC 핸드오버 시험
6	350km/h 열차 주행 중 메시지 송·수신 시험
7	레벨2→레벨1 전이 시험

[표 3-80] 경강선 통합시험 방안

구분	내용	시험 방안
1	장치 간 인터페이스 점검	인터페이스 Check List
2	차상장치 기본시험	Subset-076, 15개 시나리오
3	지상～차상장치 연계시험	경강선 시험선 주행 시나리오

[표 3-81] 경강선(만종～횡성) 주행 시나리오

구분	내용	
1	정상주행 시험	ATP 운행 구간 Level 1 / Level 2 운용(기존 발리스 사용)
2	특수운전(포스트 트립 운행) 준수	제한속도 25㎞/h 이하, 80m, 60초 이내
3	기관사 책임모드 운행	제한속도 40㎞/h(ETCS 기준 사용)
4	임시제한속도(모의 CTC에서 제어) 체결	80㎞/h 구간 → 60㎞/h 제한 설정
5	완해속도 감시	25㎞/h(발리스 제한속도에 따름) 초과시 비상제동 체결
6	정지신호 통과	정지 발리스 통과 시 비상제동 체결
7	입환모드 시험	입환모드 전환, 제한속도 25㎞/h, 발리스 정보 무시
8	비장착 모드 운행	제한속도 70㎞/h
9	고장시험 시행	상용제동, 롤어웨이(3m 밀림 시) 제동 등
10	컨소시엄간 상호호환 시험	지상 “A” 컨소시엄 → 차상 “B” 컨소시엄 등
11	기존 전자연동장치 인터페이스 시험	RBC-EIS 인터페이스 프로토콜 검증
12	폐색정보전송장치 인터페이스 시험	폐색궤도정보 신뢰성 확보를 위해 수신방식 변경(실선→광)

통합시험에서 최종 결과확인을 위한 시험은 철도공사, 유경제어, 컨소시엄이 참석하여 정상 동작을 확인하게 되고 이상이 없는 경우 검측장비 데이터를 Multitel社로 전송하여 결과을 검증 받게 된다. [그림 3-154], [그림 3-155]은 현대로템과 LS산전 컨소시엄의 시험결과 확인하는 장면이다.



[그림 3-154] 현대로템 컨소시엄 시험결과 검증



[그림 3-155] LS산전 컨소시엄 시험결과 검증

현재까지 진행한 통합시험실 결과로 [표 3-82]에서와 같이 현대로템과 LS산전 컨소시엄은 통합시험을 완료한 상태이며 포스코건설 컨소시엄은 통함시험 진행 중으로 최종평가 이전에 완료할 것을 판단된다.

[표 3-82] 컨소시엄 별 통합시험 결과

구분	현대로템 컨소시엄	LS산전 컨소시엄	포스코건설 컨소시엄
호남고속선	완료 ('17. 01. 23.~'17. 04. 04.)	완료 ('17. 02. 27.~'17. 05. 26.)	시험 중 ('18. 01. 15.~)
경강선	완료 ('17. 09. 04.~'17. 10. 13.)	완료 ('17. 10. 30.~'18. 01. 12.)	시험 중 ('18. 01. 15.~)

[그림 3-156]는 통함시험 관련 통합시험 신청서, 통합시험 결과서 및 시험결과 검증보고서이다. 신청 및 결과는 모두 공문으로 시행한다. (c) 검증결과는 검증보고서의 요약본으로 약 10페이지 미만이며, (d)의 검증보고서는 시나리오 항목별 동작상태 DMI 표시상태 등이 기록되어 400페이지 이상으로 많은 데이터가 포함된다.



[붙임 1]

통 합 시 험 신 청 서

구 분		■ 신규		□ 추가		접수번호	
참여기업	지상 RBC	제 작 사	대아티아이(주)		대 표 자	최정우	
		담 당 자	성명	직위	전화번호	E-mail	
			안관	전무	010-8212-3073	jnahn@daeati.co.kr	
	차상 ATP	제 작 사	현대로템(주)		대 표 자	김승락	
		담 당 자	성명	직위	전화번호	E-mail	
			장덕원	책임	010-3162-9470	dwkang@hyundai-rotem.co.kr	
시험장비	지상 RBC	장 비 명	RBC	수량	1	크기	600(W)×2000(H)×750(D)
		장 비 명		수량		크기	
	차상 ATP	장 비 명	차상ATP	수량	1	크기	540(W)x1190(H)x460(D)
		장 비 명	BTM 안테나	수량	1	크기	330(W)x410(H)x119(D)
		장 비 명	DMI	수량	2	크기	310(W)x214(H)x64(D)

본 기관은 상기와 같이 통합시험을 신청합니다.

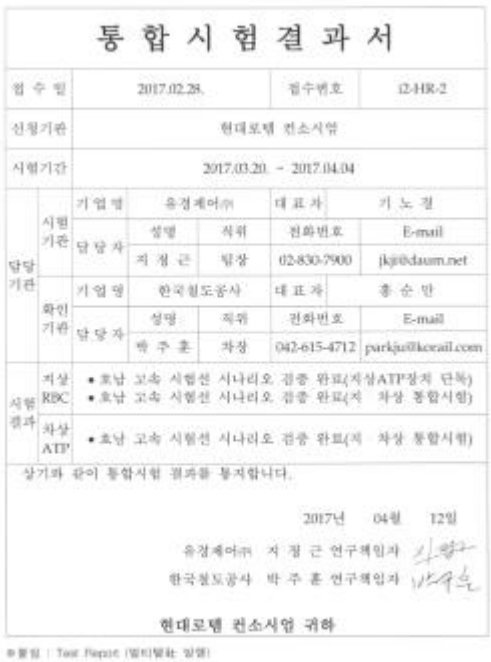
2017 년 1 월 17 일

컨소시엄 : 현대로템-대아티아이

신 청 인 : 강 덕 원

한국철도공사 귀하

(a) 통합시험 신청서



통 합 시 험 결 과 서

접 수 일	2017.02.28.	접수번호	i2-HR-2
신청기관	현대로템 컨소시엄		
시험기간	2017.03.20. ~ 2017.04.04		

담당기관					
시험기관	기업명	유경제어㈜	대표자	기 노 경	
	담당자	성명	직위	전화번호	E-mail
		지 정 근	팀장	02-830-7900	jkj@daum.net
확인기관	기업명	한국철도공사	대표자	홍 순 만	
	담당자	성명	직위	전화번호	E-mail
		박 주 훈	차장	042-615-4712	parkju@korail.com

시험결과	
지상 RBC	• 호남 고속 시험선 시나리오 검증 완료(지상ATP장치 단독)
차상 ATP	• 호남 고속 시험선 시나리오 검증 완료(지 차상 통합시험)

상기와 같이 통합시험 결과를 통지합니다.

2017년 04월 12일

유경제어㈜ 지 정 근 연구책임자

한국철도공사 박 주 훈 연구책임자

현대로템 컨소시엄 귀하

※붙임 : Test Report (멀티텔社 발행)

(b) 통합시험 결과서



Multitel

Test Report
YK-KRTS/4+3-HR-3

KORAIL

TEST REPORT

RESULTS OF THE TESTS FOLLOWING THE INTEGRATION TEST:

EQUIPMENT MODEL : HYUNDAI-ROTEM KVC / THE PAIR OF DAEATI RBC

AGAINST REQUIREMENTS OF THE UNISIG SUBSET-026 VERSION 2.3.0 PLUS THE ERA SUBSET-108 VERSION 1.2.0.

The results of this report only concern the equipment mentioned in this report. Extrapolation to other equipment of the same type cannot be done.

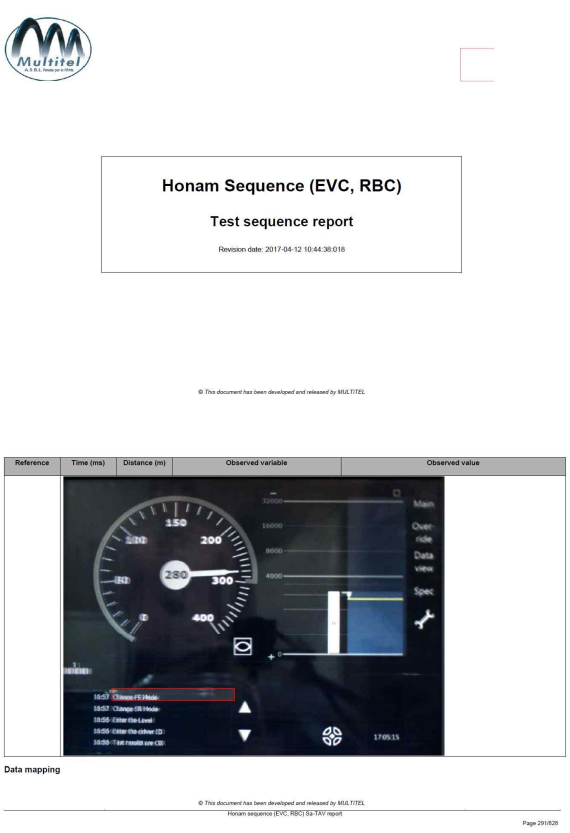
	Names and functions	Date	Signature
Tests and report realized by	Jeong-kun JI, R&D dept. Manager, Yookyung Control	25/11/2017	
Report approved by	Ju-Hun Park, Deputy General Manager, Korail	25/11/2017	
Report approved by	Alexandre GIRARD, chief department, Multitel A.S.B.L.	23/11/2017	

Coordinates of Yookyung Control Co., Ltd.	Corporate headquarters and Laboratory: 206, Gasan Digital 1-ro, Geumcheon-gu, Seoul, Republic of Korea
Reporter Contact	jkj@daum.net
Client Contact	
Telephone	+82 10 2787 4367
Client Address	

PAGE 1/6

Printed date: 23/11/2017

(c) Multitel社 시험결과 검증



Multitel

Honam Sequence (EVC, RBC)

Test sequence report

Revision date: 2017-04-12 10:44:38.018

© This document has been developed and released by MULTITEL

Reference	Time (ms)	Distance (m)	Observed variable	Observed value

Data mapping

© This document has been developed and released by MULTITEL

Honam sequence (EVC, RBC) SA-TAV report

Page 291/828

(d) SA-TAV 검증보고서

[그림 3-156] 통합시험 신청서, 결과보고 및 시험결과 검증 보고서(예)

다. 종합시험 성능평가

환경시험 및 통합시험실 기능시험을 완료한 개발품(지상RBC 및 KVC)에 대하여 기존 시스템과의 인터페이스 시험, 핸드오버, 상호호환성 시험 등 통합시험실 기능시험으로 검증하지 못한 동적시험을 수행하고, LTE-R과의 연동 및 영업노선에서의 종합시험을 통해 개발품의 신뢰성 및 안전성을 확인하고 평가하고자 한다.

[표 3-83] 컨소시엄 별 호남고속선 현장시험 결과

구분	현대로템 컨소시엄	LS산전 컨소시엄	포스코건설 컨소시엄
호남고속선 (HEMU-430X)	완료 ('17. 05. 08.~'17. 09. 18.)	완료 ('17. 09. 21.~'18. 03. 12.)	완료 ('17. 04. 22.~'18. 06. 18.)
경강선 (DL)	완료 ('18. 01. 08.~'18. 03. 29.)	완료 ('18. 04. 02.~'18. 05. 11.)	완료 ('18. 05. 13.~'18. 06. 21.)

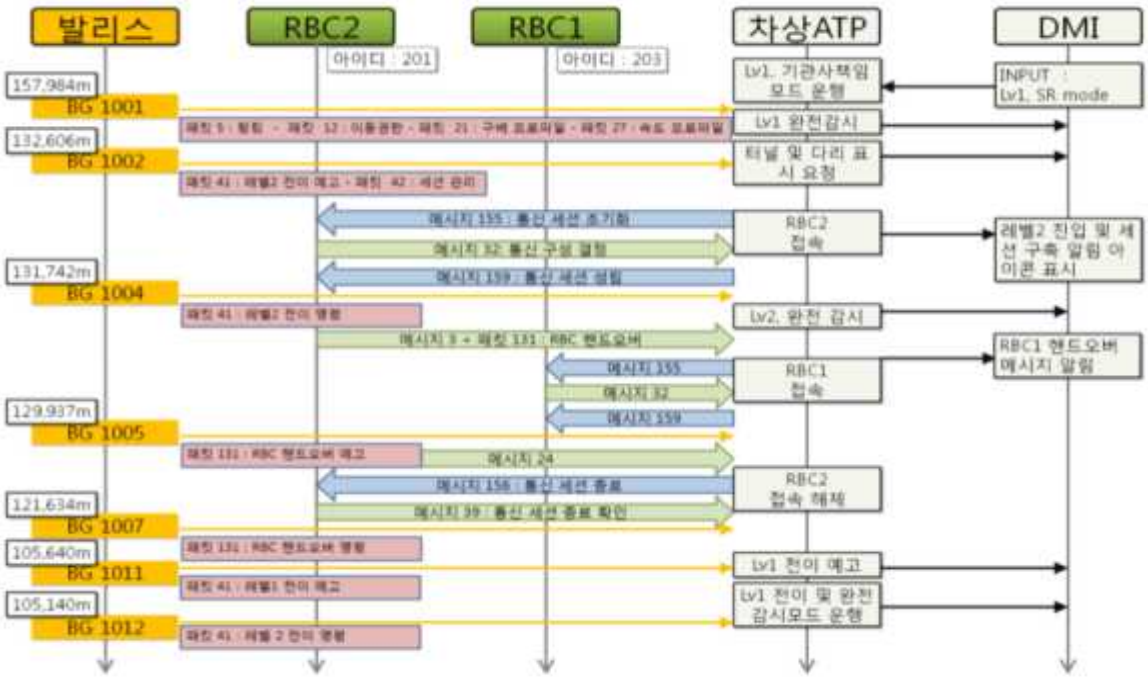
1) 호남고속선 현장시험

- 호남고속선 시험선 현장시험은 컨소시엄 별 10차에 걸쳐 시험한다.
  * 장치간 인터페이스 점검, 증속시험, 시나리오 시험, 공인시험

- 호남고속선 시험선 구간에서의 현차시험은 HEMU-430X를 사용하며 안전확보를 위해 기 운용중인 ATC시스템을 사용한다.

- 호남고속선은 상업노선으로 궤도점유, 선로전환기 방향, 진로정보 등은 기존 신호장치와 인터페이스 장치를 통하여 전송한다.

- 호남고속선 종합시험 관련 업무협의
  * 지상설비 현장설치 관련 업무 협의 및 안전성 검증 완료
    →「KRTCS-II 지상설비 현장설치 시험」안전성 검토(안전관리처-142, 2017. 01. 11.)
  * 고속시험열차(HEMU-430X) 본선 시운전 관련 업무 협의 및 안전성 검증 완료
    →「차세대고속열차 본선 시운전 안전대책」안전성 검토(안전관리처-595, 2017. 02. 16.)



[그림 3-157] 호남고속선 시나리오 시험 절차

[표 3-84] 호남고속선 시험선 시험항목

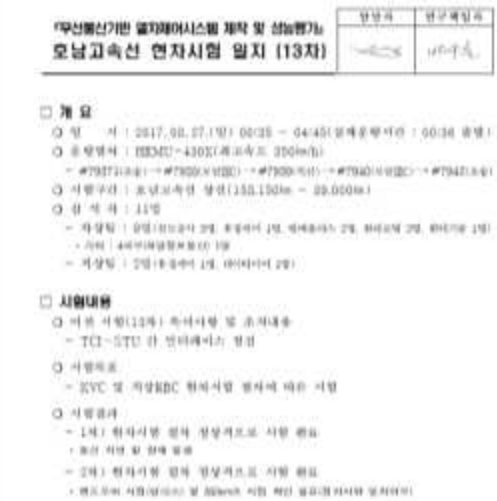
구분	시험항목	세부 시험항목	비고
1	레벨 1 기능시험	레벨 1 운행 시작 기능 시험(Start of Mission)	KVC
		레벨 1 이동권한 수신 및 선로 상태정보 현시 기능 시험	
2	레벨 2 기능시험	레벨 1 → 레벨 2 전이 기능시험	지상RBC KVC
		레벨 2 이동권한 송·수신 시험	
		레벨 2 RBC 핸드오버 시험	
		350㎞/h 열차 주행 중 메시지 송·수신 시험	
		레벨 2 → 레벨 1 전이시험	

- 컨소시엄 별 호남고속선 현장시험 현황

[표 3-85] 컨소시엄 별 호남고속선 현장시험 현황

회차	일자	내용	비고
1	'17. 03. 20.(월)	발리스 데이터 검증시험 준비	
2	'17. 03. 27.(월)	발리스 데이터 검증시험	
3	'17. 04. 03.(월)	발리스 데이터 검증시험	
4	'17. 04. 09.(일)	차량 기본 I/F 시험	
5	'17. 04. 10.(월)	차량 기본 I/F 시험	
6	'17. 05. 07.(일)	차량 기본 I/F 시험	
7	'17. 05. 08.(월)	현대로템 컨소시엄 현차시험 1차	
8	'17. 05. 14.(일)	현대로템 컨소시엄 현차시험 2차	
9	'17. 05. 15.(월)	현대로템 컨소시엄 현차시험 3차	
10	'17. 05. 21.(일)	현대로템 컨소시엄 현차시험 4차	
11	'17. 05. 22.(월)	현대로템 컨소시엄 현차시험 5차	
12	'17. 07. 26.(수)	차량 기본 I/F 시험	
13	'17. 08. 13.(일)	차량 기본 I/F 시험	
14	'17. 08. 20.(일)	차량 기본 I/F 시험	
15	'17. 08. 21.(월)	현대로템 컨소시엄 현차시험 6차	
16	'17. 08. 27.(일)	현대로템 컨소시엄 현차시험 7차	
17	'17. 09. 09.(토)	장치 간 I/F 점검	
18	'17. 09. 10.(일)	현대로템 컨소시엄 현차시험 8차	
19	'17. 09. 11.(월)	장치 간 I/F 점검	
20	'17. 09. 17.(일)	현대로템 컨소시엄 현차시험 9차	
21	'17. 09. 18.(월)	현대로템 컨소시엄 현차시험 10차	공인시험 완료
22	'17. 09. 21.(목)	LS산전 컨소시엄 현차시험 1차	
23	'17. 09. 24.(일)	LS산전 컨소시엄 현차시험 2차	

24	’17. 09. 25.(월)	LS산전 컨소시엄 현차시험 3차	
25	’17. 09. 29.(금)	LS산전 컨소시엄 현차시험 4차	
26	’17. 09. 30.(토)	LS산전 컨소시엄 현차시험 5차	
27	’17. 11. 26.(일)	LS산전 컨소시엄 현차시험 6차	
28	’17. 11. 27.(월)	LS산전 컨소시엄 현차시험 7차	
29	’17. 12. 04.(월)	장치 간 I/F 점검	
30	’18. 02. 04.(일)	LS산전 컨소시엄 현차시험 8차	
31	’18. 03. 11.(일)	LS산전 컨소시엄 현차시험 9차	
32	’18. 03. 12.(월)	LS산전 컨소시엄 현차시험 10차	공인시험 완료
33	’18. 04. 22.(일)	포스코건설 컨소시엄 현차시험 1차	
34	’18. 04. 23.(월)	포스코건설 컨소시엄 현차시험 2차	
35	’18. 05. 27.(일)	포스코건설 컨소시엄 현차시험 3차	
36	’18. 05. 28.(월)	포스코건설 컨소시엄 현차시험 4차	
37	’18. 06. 03.(일)	포스코건설 컨소시엄 현차시험 5차	
38	’18. 06. 04.(월)	포스코건설 컨소시엄 현차시험 6차	
39	’18. 06. 17.(일)	포스코건설 컨소시엄 현차시험 7차	
40	’18. 06. 18.(월)	포스코건설 컨소시엄 현차시험 8차	



「무선통신기반 열차제어시스템 개발 및 성능평가」
호남고속선 현차시험 일지 (13차)

□ 개 요

□ 시험내용



<KVC 기능 시험(HEMU-430X)>



<RBC 기능시험(정읍시험센터)>

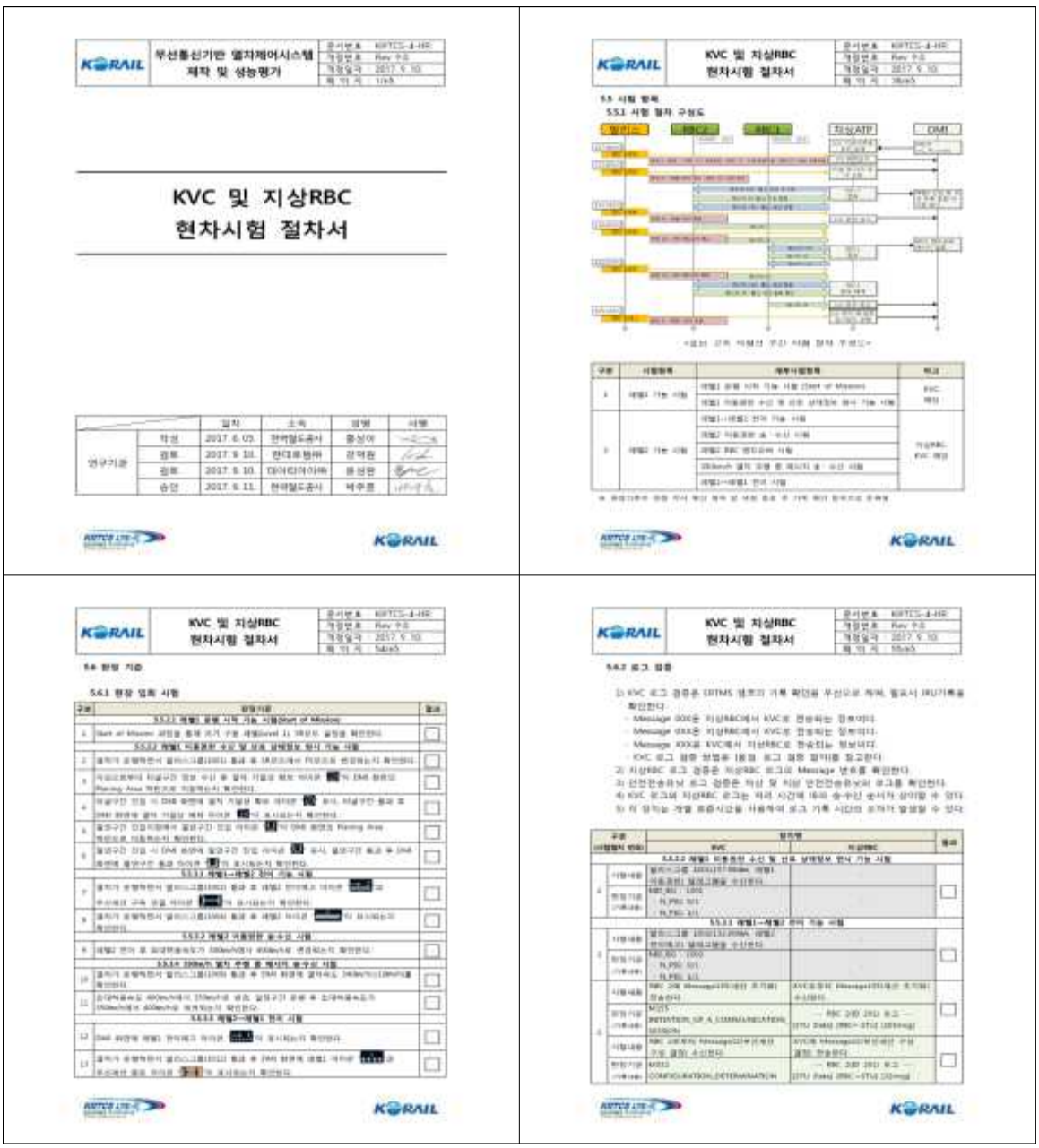
- 제3자 성능검증(한국철도기술연구원 시험인증센터)

- 시험기준 : KVC 및 지상RBC 현차시험 절차서

☞ 현차시험 절차서는 각 컨소시엄 별 KVC 및 지상RBC 장치의 정상상태 점검, 현장입회 시험, 로그검증으로 구분된다.

☞ 현차시험 절차서의 타당성 검증을 위해 기술자문 및 검증위원회를 통해 정의하였다.

* KVC 및 지상RBC 장치 구성
* 정상상태 : 전원 인가 시 KVC 및 지상RBC의 구성장치 별 정상상태(LED 상태)
* 시험항목
  ① 레벨1 운행 시작 기능시험(SOM)
  ② 레벨1 이동권한 수신 및 선로 상태정보 현시 기능시험
  ③ 레벨1→레벨2 전이 기능시험
  ④ 레벨2 이동권한 송·수신 시험
  ⑤ 레벨2 RBC 핸드오버 시험
  ⑥ 350㎞/h 열차 주행 중 메시지 송·수신 시험
  ⑦ 레벨2→레벨1 전이 시험



- 추진경과

[표 3-86] 공인기관 성능시험 절차서 추진경과

일자	내용	비고
’17. 04. 12.	시험 절차서 작성	
’17. 04. 24.	시험 절차서 보완(2세부, 철도공사 열차운영단, 차량기술혁신단)	
’17. 05. 20.	시험 절차서 작성 및 협의(연구단 내부)	
’17. 06. 22.	시험절차서 기술자문 및 보완	
’17. 06. 29.	시험 절차서 보완(2세부, 참여기업)	
’17. 07. 18.	시험절차서 적정성 검증 자문	
’17. 07. 23.	호남고속선 현차시험 일반시험 신청(철도공사→철도연)	
’17. 08. 04.	신청서 및 절차서 보완 협의(2세부, 철도연)	
’17. 08. 18.	호남고속선 현차시험 사전 점검(통합시험실 시연)	
’17. 09. 01.	시험절차서 적정성 검증 추가 자문 (2차)	
’17. 09. 04.	호남고속선 현차시험 일반시험 신청(현대로템 컨소시엄)	
’17. 09. 17.	현대로템 컨소시엄 호남고속선 제3자 성능검증 1차	
’17. 09. 18.	현대로템 컨소시엄 호남고속선 제3자 성능검증 2차	시험 완료
’17. 12. 12.	현대로템 컨소시엄 시험성적서 발급	
’18. 02. 26.	호남고속선 현차시험 일반시험 신청(LS산전 컨소시엄)	
’18. 03. 11.	LS산전 컨소시엄 호남고속선 제3자 성능검증 1차	
’18. 03. 12.	LS산전 컨소시엄 호남고속선 제3자 성능검증 2차	시험 완료
’18. 07. 23.	LS산전 컨소시엄 시험성적서 발급	
’18. 06.12.	호남고속선 현차시험 일반시험 신청(포스코건설 컨소시엄)	
’18. 06. 17.	포스코건설 컨소시엄 호남고속선 제3자 성능검증 1차	
’18. 06. 18.	포스코건설 컨소시엄 호남고속선 제3자 성능검증 2차	시험 완료

- 시험신청서 및 성적서

현대로템 컨소시엄 [차상:현대로템㈜, 지상:대아티아이㈜]	
 시 험 신 청 서	 <KVC 상태점검>
	 <RBC 상태점검>
 시 험 성 적 서 (TEST REPORT) (KVC(SGC-ETCS-01), 지상 RBCT, 지상 RBC2) 한국철도기술연구원	 시 험 성 적 서 (TEST REPORT) 한국철도기술연구원장

LS산전 컨소시엄 [차상:㈜테크빌, 신우이엔지㈜, 지상:LS산전㈜]



시 험 신 청 서

Ⅰ.시험성적서 상에 표기되는 사항(상기사항에 동일하게 명시되므로 신중히 작성요망)

Ⅱ.시험성적서 발급사항

Ⅲ.시험수수료 납부자

Ⅳ.고객 요구사항

한국철도기술연구원장 귀하

신청자



<KVC 상태점검>



<RBC 상태점검>



한국철도공사 귀하

시 험 성 적 서

(TEST REPORT)

(KVC(SGC-ETCS-01), 지상 RBC1, 지상 RBC2)

한국철도기술연구원 Korea Railroad Research Institute



시 험 성 적 서

(TEST REPORT)

Sheet No. : 1 / 17

발급번호(Certificate No.)	R18-0238
신 청 자(Client)	(상호) 한국철도공사 (대표자) 오영식 (주소) 대전광역시 동구 중앙로 240 (소제동)
제 작 자(Manufacturer)	(상호) 엘에스산전(주)/(주)테크빌/신우이엔지(주) (주소) 경기도 안양시 동안구 엘에스로 127(호계동)/경기도 안양시 동안구 학의로 266, 506호(관양동 안양메가밸리)/서울특별시 금천구 벚꽃로 254 608(가산동, 월드메르디앙벤처센타)
접수번호(Receipt No.)	G18-0042
시험일자(Date of Test)	2018. 03. 10 ~ 2018. 03. 12
품 명(Commodity)	KVC : HR19H7B003, HS12H4B003, HS13H7B003, HS14H7B003, HP19H4B003, HR18I18003 BTM : SMBT-P-1709-001, SMBT-P-1709-002, SMBT-1709-001 지상RBC1 : LTran-RX-2017-002 지상RBC2 : LTran-RX-2017-001
시험규격(Test method used)	KVC 및 지상RBC 현차시험 절차서(KRTCS-4-LS, Rev 12.0) : 2018 [해당 절차서의 5.4.1항, 5.5.2항, 5.5.3항 세부항목포함]
시험환경(Test Environment)	온도 : (21 ± 3) ℃, 습도 : (28 ± 5) % R.H.
시험기록(Test Record) 시험 성적서 [별첨]	2 매 15 매 총 17 매
시험결과(Test Results)	상기 시험품의 항목별 상세 시험결과는 별지 시험성적서와 같음.
용 도(Uses)	자체품질 확인용

비 고(Note) : 1.이 시험결과는 신청자가 제시한 시료 및 시료명에만 한정됩니다.
(The results shown in the test report refer only to the sample(s) tested unless otherwise stated.)
2.시험성적서 진위여부는 성적서 우측하단 QR을 활용하여 확인
(The authenticity of test reports can be proved by the QR code.)

실무자 : 전지은 기술책임자 : 이경원

발급일자(Certification Date) : 2018 년 07 월 23 일

(Certificated by) 한국철도기술연구원장 President of Korea Railroad Research Institute

우)16105 경기도 의왕시 철도박물관로 176 (176, Cheoldobangmulgwan-ro, Uiwang-si,Gyeonggi-do, 16105, KOREA)
TEL : +82-31-460-5630 FAX : +82-31-460-5509

KRRI R(G18-0042)R18-0238(10)KLN(12763)902054(180227)180723
S-QP20-02-(13)

포스코건설 컨소시엄 [차상:㈜포스코건설, 지상:㈜서우건설산업]



SGS

시험평가 신청서
(TEST APPLICATION)

▷ 접수번호 : TON-R ▷ 성적서 발행번호 : SGS-R

▷ 신청자 정보 (Applicant Information)

신청회사명	한국철도공사		
주소	대전광역시 동구 중앙로 240		
신청인 (Contact Person)	성명 : 박주훈 E-mail : parkju@korail.com H.P : 010-3932-6779 Tel : 042-615-4722 Fax : N/A	세금계산서 담당자	☐ 신청인과 동일 회사명 : 유경제어㈜ 성명 : 이재홍 E-mail : ykc185@ykcontrol.com Tel : 010-9345-7123

▷ 시험성적서 정보 (Test Report Information)

제작사 (Manufacturer)	(국문) ㈜포스코건설	(국문) ㈜서우건설산업
주소 (Address)	(국문) 경상북도 포항시 남구 대송로 180	(국문) 서울특별시 금천구 시흥 1 동 대동빌딩 201 호
제품명 (Product)	(국문) KVC	(국문) 지상 RBC
모델명	· KVC SSP-HO-R001, SSP-HO-S001, SSP-HO-S002, SSP-HO-R001, SSP-HO-R007, SSP-HO-R002, SSP-HO-R008, SSP-HO-R003, SSP-HO-R009, SSP-HO-R004, SSP-HO-R010, SSP-HO-R005, SSP-HO-R011, SSP-HO-R006, SSP-HO-R012, SSP-HO-P001, SSP-HO-P002, SSP-HO-P003, SSP-HO-D001, SSP-HO-RT01	· 지상 RBC (ID:203) SSP-HR-R001, SSP-HR-S001, SSP-HR-S002, SSP-HR-R001, SSP-HR-R007, SSP-HR-R002, SSP-HR-R008, SSP-HR-R003, SSP-HR-R004, SSP-HR-R005, SSP-HR-R006, SSP-HR-R009, SSP-HR-R010, SSP-HR-R011, SSP-HR-R012, SSP-HR-P001, SSP-HR-P002, SSP-HR-W001 · 지상 RBC (ID:201) SSP-HR-R002, SSP-HR-R003, SSP-HR-R004, SSP-HR-R013, SSP-HR-R019, SSP-HR-R014, SSP-HR-R020, SSP-HR-R015, SSP-HR-R016, SSP-HR-R017, SSP-HR-R018, SSP-HR-R021, SSP-HR-R022, SSP-HR-R023, SSP-HR-R024, SSP-HR-P003, SSP-HR-P004, SSP-HR-W002
점격전원		
성적서 유형 (Report Type)	■ 일반 ☐ KOLAS ☐ 미발행 ■ 국문 ☐ 영문	성적서 용 도 : (국문) 자체품질 확인용 (영문)

※ 성적서는 원본 1 부(국문 또는 영문) 기본 제공되며, 추가 신청 시 비용이 발생합니다.
※ 성적서 용도는 별도 기재가 없을 경우 품질평가용으로 작성 됩니다. (성적서에 기재되는 용도임)

▷ 시험 정보 (Test Information)

시험항목	시험규격(적용연도) & 시험방법/조건	수량	비고 (Serial Number 등)
KVC	KVC 및 지상 RBC 현차시험 절차서(KRTCS-4-PEC, Rev 2.0)	1 식	
지상 RBC (ID:203)		1 식	
지상 RBC (ID:201)		1 식	

▷ 요청 사항 ■ 시험규격 및 세부 조건 별첨 자료 참조 (별첨 내용: 세부 시험항목 및 시험조건, 시험절차서, 체크리스트 등)
별첨. KVC 및 지상 RBC 현차시험 절차서(KRTCS-4-PEC, Rev 2.0)

▷ 시료 처리 ■ 직접회수 ☐ 폐기 ☐ 택배, 화물, 퀵 발송 (착불)

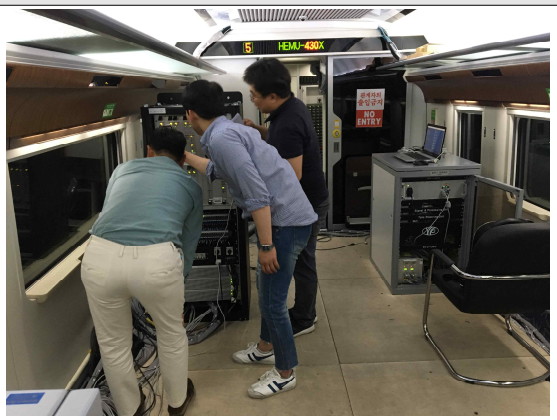
한국에스지에스(주)의 시험의뢰 규정에 의하여 시험평가를 의뢰합니다.
신청일자 : 2018 년 6 월 12 일 신청인 : 박 주 훈 (인)
한국에스지에스(주) 동탄시험소 귀하

▷ 안내 사항
① 처음 의뢰하시는 경우(또는 변경사항 발생 시) 사업자등록증 1 부 첨달 바랍니다.
② 시료 입출고 가능 시간은 09 시~18 시이며(12 시~13 시 식사시간 그 외 시간은 영업담당자 또는 시험담당자와 협의 바랍니다.
③ 시험품(시료)을 반환할 필요가 없는 경우 보관기간은 3 개월이며, 성적서 발행일로부터 3 개월 보관 후 폐기합니다.

▷ 검토 결과(Review Result) : 검토 승인

한국에스지에스㈜ 동탄시험소 : 경기도 화성시 동탄면 동탄산단 10 길 20 (영고리 781-3) Tel: 031-240-6621 Fax. 031-240-6629
EMC 시험장 : 경기도 용인시 기흥구 기흥단지로 121 번길 35(1 Lab), 기흥구 기흥단지로 24 번길 23(2 Lab)
SGS 의 모든 서비스는 하기 웹사이트의 SGS 서비스 일반조건에 따라 수행되며 고객에게 귀해가 발생할 경우 당사의 고객불만처리 절차에 따라 처리됩니다.
All SGS services are rendered in accordance with the applicable SGS General Conditions of Service available on request and accessible at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx

TQF-404-001-01_ver1



<KVC 상태점검>



<RBC 상태점검>

2) 경강선 현장시험

- 경강선 시험선 현장시험은 컨소시엄 별 8차에 걸쳐 시험한다.
  * 장치간 인터페이스 점검, 기본 기능시험, 시나리오 시험, 공인시험

- 경강선 시험선 구간에서의 현차시험은 차상ATP장치 개량 차량인 DL4457호를 시험차량으로 선정하였다.

- 경강선 종합시험 관련 업무협의
  * 지상설비 현장설치 및 일반시험열차(DL4457) 본선 시운전 관련 업무 협의 및 안전성 검증 완료
    →「KRTCS-2 경강선 디젤기관차 현장시험」안전성검증 검토(시스템안전처-3718, 2017. 11. 03.)

[표 3-87] 경강선 시험선 구간 발리스 설치 현황

구분	설치위치	내용	비고
BG 6030	3.372 ㎞	레벨 2 전이예고	하선
BG 6061	6.232 ㎞	즉시 RBC핸드오버	
BG 6087	24.217 ㎞	레벨 2 전이예고	상선
BG 6081	20.567 ㎞	즉시 RBC핸드오버	

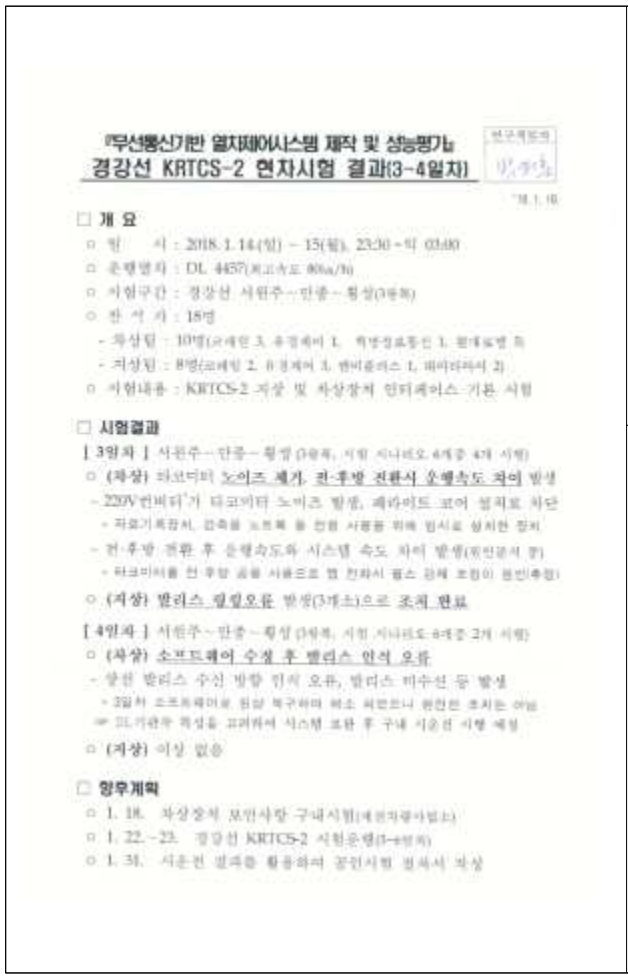
[표 3-88] 경강선 시험선 시험항목

구분	시험항목	세부시험항목	비고
1	만종→횡성(하선) 정상 주행 시험	완전감시모드 전환, 레벨 전환(Lv1→Lv2→Lv1), RBC 핸드오버 시험	지상 RBC KVC
2	완해속도 감시, 특수운전모드, 레벨2 입환모드 시험	완해속도 감시 시험	KVC
		특수운전모드 (OVERRIDE) 사용 시 제한범위(25km/h, 60s) 준수 시험	
		레벨2에서 입환모드 시험	
3	임시제한속도 적용, 정지신호 통과 시 트립(비상제동)	임시제한속도 적용 시험	지상 RBC KVC
		정지신호 통과 시 트립 시험	
4	입환모드 및 비장착 모드 운행	입환모드 폐색신호기 통과 시험	KVC
		비장착 모드(70㎞/h 제한속도) 운행 시험	
5	고장시험 (만종역구내)	그룹 발리스 내 1개 발리스 미검지 고장시험	KVC
		차량밀림 시험	
		레벨 1 상용제동 시험	
6	횡성→만종(상선) 정상 주행	완전감시모드 전환, 레벨 전환(Lv1→Lv2→Lv1), RBC 핸드오버 시험	지상 RBC KVC

[표 3-89] 컨소시엄 별 경강선 현장시험 현황

회차	일자	내용	비고
1	’18. 01. 08.(월)	차량 기본 I/F 시험	현대로템 컨소시엄
2	’18. 01. 09.(화)	차량 기본 I/F 시험	
3	’18. 01. 15.(월)	기본 기능시험	
4	’18. 01. 16.(화)	기본 기능시험	
5	’18. 01. 23.(화)	무선통신 I/F 점검	
6	’18. 01. 24.(수)	무선통신 I/F 점검	
7	’18. 03. 04.(일)	시나리오 시험	
8	’18. 03. 05.(월)	시나리오 시험	
9	’18. 03. 28.(수)	공인시험	
10	’18. 03. 29.(목)	공인시험	
11	’18. 04. 02.(월)	차량 기본 I/F 시험	LS산전 컨소시엄
12	’18. 04. 03.(화)	차량 기본 I/F 시험	
13	’18. 04. 15.(일)	기본 기능시험	
14	’18. 04. 16.(월)	기본 기능시험	
15	’18. 04. 29.(일)	시나리오 시험	
16	’18. 04. 30.(월)	시나리오 시험	

17	’18. 05. 10.(목)	공인시험	
18	’18. 05. 11.(금)	공인시험	
19	’18. 05. 13.(일)	차량 기본 I/F 시험	포스코건설 컨소시엄
20	’18. 05. 14.(월)	차량 기본 I/F 시험	
21	’18. 05. 20.(일)	기본 기능시험	
22	’18. 05. 21.(월)	기본 기능시험	
23	’18. 06. 01.(금)	시나리오 시험	
24	’18. 06. 02.(토)	시나리오 시험	
25	’18. 06. 10.(일)	공인시험	
26	’18. 06. 11.(월)	공인시험	



무선통신기반 열차제어시스템 제작 및 성능평가
경강선 KRTCS-2 현차시험 결과(3-4일차)

’18. 1. 16

□ 개 요

○ 일 시 : 2018. 1. 14(일) ~ 15(월), 23:30~익 03:40

○ 운행열차 : DL 4457(최고속도 80km/h)

○ 시험구간 : 경상선 사원주~만종~횡성(3개역)

○ 참 석 자 : 18명

- 차상팀 : 10명(고객팀 3, 추진제어 1, 차량설계통신 1, 철도설계 3)

- 지상팀 : 8명(고객팀 2, 추진제어 3, 엔비콘텍스 1, 파이더텍 2)

○ 시험내용 : KRTCS-2 지상 및 차상장치 인터페이스 기본 시험

□ 시험결과

[3일차] 사원주~만종~횡성(3개역, 시험 시나리오 6개중 4개 시험)

○ (차상) 타오디비 노이즈 제거, 전·후방 전환시 운행속도 차이 발생

- 220V인버터가 타오디타 노이즈 발생, 레라이드 코어 설치로 차단

- 자료기록장치, 감속을 노트북 등 컨텍 사용을 위해 임시로 설치한 장치

- 전·후방 전환 후 운행속도와 시스템 속도 차이 발생(확인중이 중)

- 타코미터를 전 후방 공용 사용으로 앱 전차시 펄스 감제 조정이 필요(추정)

○ (지상) 밸리스 량방오류 발생(3개소)으로 조치 완료

[4일차] 사원주~만종~횡성(3개역, 시험 시나리오 6개중 2개 시험)

○ (차상) 소프트웨어 수정 후 밸리스 인식 오류

- 양전 밸리스 수신 방향 인식 오류, 밸리스 미수신 등 발생

- 3일차 소프트웨어로 임상 복구하여 테스 재현되나 원인은 조치는 아님

⇒ 프기관두 특성을 고려하여 시스템 조합 후 구내 시운전 시행 예정

○ (지상) 이상 없음

□ 향후계획

○ 1. 18. 차상장치 보안사항 구내시험(세부일정 별도)

○ 1. 22.~23. 경강선 KRTCS-2 시험운행(3~4일차)

○ 1. 31. 시운전 결과를 활용하여 공인시험 절차서 작성



<KVC 기능 시험(DL4457)>



<RBC 기능 시험(만종시험센터)>

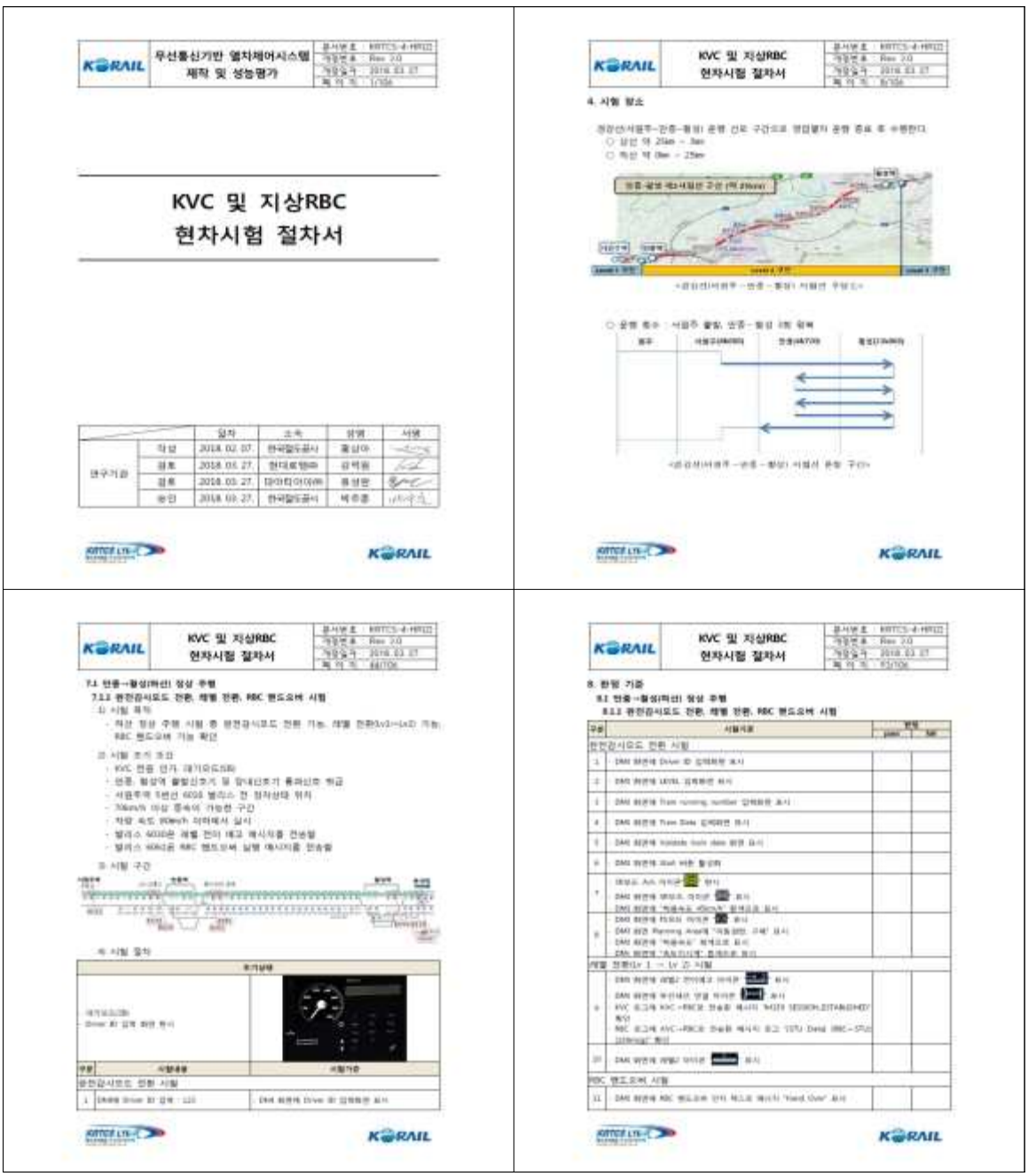
- 제3자 성능검증(한국철도기술연구원 시험인증센터)

- 시험기준 : KVC 및 지상RBC 현차시험 절차서

☞ 현차시험 절차서는 각 컨소시엄 별 KVC 및 지상RBC 장치의 정상상태 점검, 현장입회 시험, 로그검증으로 구분된다.

☞ 현차시험 절차서의 타당성 검증을 위해 기술자문 및 검증위원회를 통해 정의하였다.

* KVC 및 지상RBC 장치 구성
* 정상상태 : 전원 인가 시 KVC 및 지상RBC의 구성장치 별 정상상태(LED 상태)
* 시험항목
  ① 만종→횡성 정상 주행 시험(FS모드, 레벨전환, RBC핸드오버)
  ② 완해속도감시, 특수운전모드, 레벨2 입환모드 시험
  ③ 임시제한속도 적용, 정지신호 통과 시 비상제동
  ④ 입환모드 및 비장착모드 운행
  ⑤ 고장시험
  ⑥ 횡성→만종 정상주행 시험(FS모드, 레벨전환, RBC핸드오버)



- 추진경과

일자	내용	비고
’18. 02. 07.	시험 절차서 작성	
’18. 03. 15.	시험절차서 적정성 검증 자문	
’18. 03. 20.	경강선 현차시험 일반시험 신청(현대로템 컨소시엄)	
’18. 03. 28.	현대로템 컨소시엄 호남고속선 제3자 성능검증	시험 완료
’18. 05. 08.	경강선 현차시험 일반시험 신청(LS산전 컨소시엄)	
’18. 05. 14.	LS산전 컨소시엄 호남고속선 제3자 성능검증	시험 완료
’18. 06. 19.	경강선 현차시험 일반시험 신청(포스코건설 컨소시엄)	
’18. 06. 21.	포스코건설 컨소시엄 호남고속선 제3자 성능검증	시험 완료

- 시험신청서 및 성적서

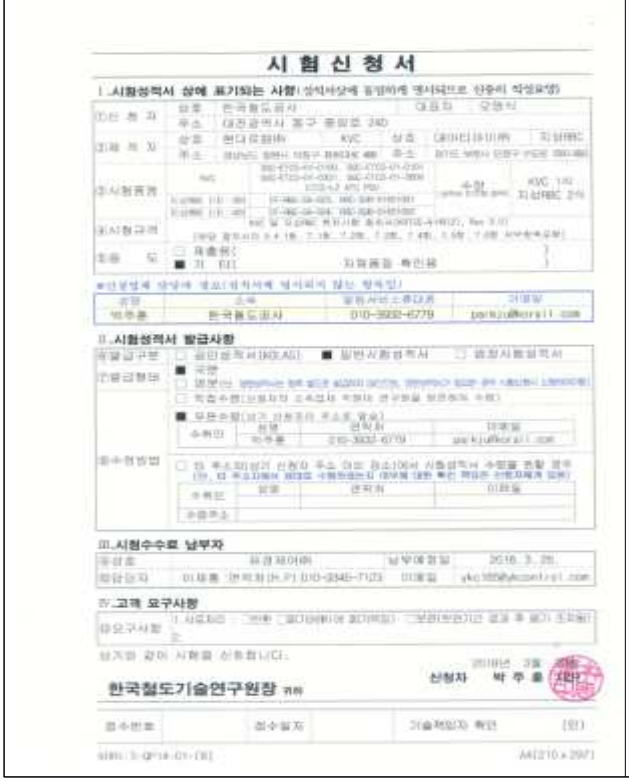
현대로템 컨소시엄 [차상:현대로템㈜, 지상:대아티아이㈜]



<KVC 상태점검>



<RBC 상태점검>



시 험 신 청 서

Ⅰ.시험성적서 상에 표기되는 사항

Ⅱ.시험성적서 발급사항

Ⅲ.시험수수료 납부자

Ⅳ.고객 요구사항

한국철도기술연구원장 귀하

신청자 박 주 홍



시 험 성 적 서
(TEST REPORT)

Sheet No. : 1 / 27

발급번호(Certificate No.)	R18-0185
신 청 자(Client)	(상호) 한국철도공사 (대표자) 오영식 (주소) 대전광역시 동구 중앙로 240 (소제동)
제 작 자(Manufacturer)	(상호) 현대로템(주), 대아티아이(주) (주소) 경상남도 창원시 의창구 창원대로 488, 경기도 부천시 오정구 수도로 139(내동)
접수번호(Receipt No.)	G18-0053
시험일자(Date of Test)	2018. 03. 27 ~ 2018. 03. 29
품 명(Commodity)	KVC, 지상RBC(ID:39), 지상RBC(ID:40)
시험규격(Test method used)	KVC 및 지상RBC 현차시험 절차서(KRTCS-4-HR(2), Rev 3.0) : 2018 【해당 절차서의 6.4.1항, 7.1항, 7.2항, 7.3항, 7.4항, 7.5항, 7.6항 세부항목포함】
시험환경(Test Environment)	온도 : (23 ± 3) ℃, 습도 : (42 ± 5) % R.H.
시험기록(Test Record) 시험 성적서 【별첨】	2 매 25 매 총 27 매
시험결과(Test Results)	상기 시험품의 항목별 상세 시험결과는 별지 시험성적서와 같음.
용 도(Uses)	자체품질 확인용

비 고(Note) : 1.이 시험결과는 신청자가 제시한 시료 및 시료영에만 한정됩니다.
(The results shown in the test report refer only to the sample(s) tested unless otherwise stated.)
2.시험성적서 진위여부는 성적서 우측하단 QR을 활용하여 확인
(The authenticity of test reports can be proved by the QR code.)

실무자 : 전지은 기술책임자 : 이강원

발급일자(Certification Date) : 2018 년 06 월 12 일

(Certificated by) 한국철도기술연구원장
President of Korea Railroad Research Institute

우)16105 경기도 의왕시 철도박물관로 176 (176, Cheoldobangmulgwan-ro, Uiwang-si,Gyeonggi-do, 16105, KOREA)
TEL : +82-31-460-5630 FAX : +82-31-460-5509

KRRI R(G18-0053)R18-0185)10)KLN12763)902054)180322)180612
S-QP20-02-(13)

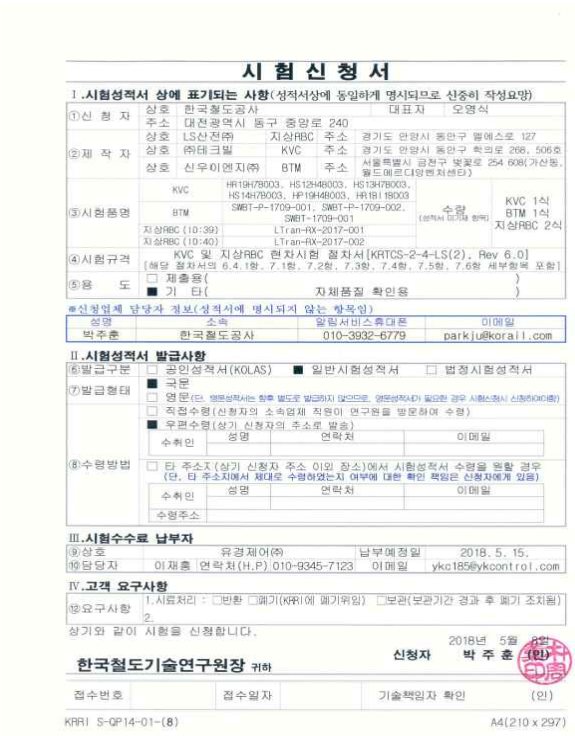
LS산전 컨소시엄 [차상:㈜테크빌, 신우이엔지㈜, 지상:LS산전㈜]



<KVC 상태점검>



<RBC 상태점검>



시 험 신 청 서

Ⅰ.시험성적서 상에 표기되는 사항(성적서상에 동일하게 명시되므로 신중히 작성요망)

①신 청 자	상호	한국철도공사		대표자	오영식
	주소	대전광역시 동구 중앙로 240			
②제 작 자	상호	LS산전㈜	지상RBC	주소	경기도 안양시 동안구 엘에스로 127
	상호	㈜테크빌	KVC	주소	경기도 안양시 동안구 학의로 268, 506호
	상호	신우이엔지㈜	BTM	주소	서울특별시 금천구 벚꽃로 254 608(가산동, 월드메르디앙벤처센타)
③시험품명	KVC	HR19H78003, HS12H48003, HS13H78003, HS14H78003, HP19H48003, HR18I 18003		수량	KVC 1식 BTM 1식 지상RBC 2식
	BTM	SWBT-P-1709-001, SWBT-P-1709-002, SWBT-1709-001			
	지상RBC (ID:39)	LTran-RX-2017-001			
	지상RBC (ID:40)	LTran-RX-2017-002			
④시험규격	KVC 및 지상RBC 현차시험 절차서(KRTCS-2-4-LS(2), Rev 6.0) [해당 절차서의 6.4.1항, 7.1항, 7.2항, 7.3항, 7.4항, 7.5항, 7.6항 세부항목 포함]				
⑤용 도	□ 제출용( ) ■ 기 타(자체품질 확인용)				

*신청업체 담당자 정보(성적서에 명시되지 않는 항목임)

성명	소속	일림서비스휴대폰	이메일
박주훈	한국철도공사	010-3932-6779	parkju@korail.com

Ⅱ.시험성적서 발급사항

⑥발급구분 □ 공인성적서(KOLAS) ■ 일반시험성적서 □ 법정시험성적서

⑦발급형태 ■ 국문 □ 영문(단, 영문성적서는 항후 별도로 발급하지 않으므로, 영문성적서가 필요한 경우 시험신청시 신청하여야함) □ 직접수령(신청자의 소속업체 직원이 연구원을 방문하여 수령) ■ 우편수령(상기 신청자의 주소로 발송)

수취인	성명	연락처	이메일

⑧수령방법 □ 타 주소지(상기 신청자 주소 이외 장소)에서 시험성적서 수령을 원할 경우 (단, 타 주소지에서 제대로 수령하였는지 여부에 대한 확인 책임은 신청자에게 있음)

수취인	성명	연락처	이메일
수령주소			

Ⅲ.시험수수료 납부자

⑨상호	유경제어㈜			납부예정일	2018. 5. 15.
⑩담당자	이재홍	연락처(H.P)	010-9345-7123	이메일	ykc185@ykcontrol.com

Ⅳ.고객 요구사항

⑫요구사항	1.시료처리 : □반환 □폐기(KRRI에 폐기위임) □보관(보관기간 경과 후 폐기 조치됨) 2.			

상기와 같이 시험을 신청합니다.

2018년 5월 8일

신청자 박 주 훈 (인)

한국철도기술연구원장 귀하

접수번호	접수일자	기술책임자 확인	(인)

KRRI S-QP14-01-(8) A4(210 x 297)



시 험 성 적 서
(TEST REPORT)

Sheet No. : 1 / 29

발급번호(Certificate No.)	R18-0237
신 청 자(Client)	(상호) 한국철도공사 (대표자) 오영식 (주소) 대전광역시 동구 중앙로 240 (소제동)
제 작 자(Manufacturer)	(상호) 엘에스산전(주)/(주)테크빌/신우이엔지(주) (주소) 경기도 안양시 동안구 엘에스로 127(호계동)/경기도 안양시 동안구 학의로 268, 506호(관양동 안양메가밸리)/서울특별시 금천구 벚꽃로 254 608(가산동, 월드메르디앙벤처센타)
접수번호(Receipt No.)	018-0080
시험일자(Date of Test)	2018. 05. 15 - 2018. 05. 16
품 명(Commodity)	KVC : HR19H78003, HS12H48003, HS13H78003, HS14H78003, HP19H48003, HR18I 18003 BTM : SWBT-P-1709-001, SWBT-P-1709-002, SWBT-1709-001 지상RBC(ID:39) : LTran-RX-2017-001 지상RBC(ID:40) : LTran-RX-2017-002
시험규격(Test method used)	KVC 및 지상RBC 현차시험 절차서(KRTCS-4-LS(2), Rev 6.0) : 2018 [해당 절차서의 6.4.1항, 7.1항, 7.2항, 7.3항, 7.4항, 7.5항, 7.6항 세부항목포함]
시험환경(Test Environment)	온도 : (29 ± 3) ℃, 습도 : (40 ± 5) % R.H.
시험기록(Test Record)	시험 성적서 ..... 2 매 [별첨] ..... 27 매 총 29 매
시험결과(Test Results)	상기 시험품의 항목별 상세 시험결과는 별지 시험성적서와 같음.
용 도(Uses)	자체품질 확인용

비 고(Note) : 1.이 시험결과는 신청자가 제시한 시료 및 시료명에만 한정됩니다.
(The results shown in the test report refer only to the sample(s) tested unless otherwise stated.)
2.시험성적서 진위여부는 성적서 우측하단 QR을 활용하여 확인
(The authenticity of test reports can be proved by the QR code.)

실무자 : 전지은 기술책임자 : 이경원

발급일자(Certification Date) : 2018 년 07 월 23 일

(Certificated by) 한국철도기술연구원장
President of Korea Railroad Research Institute

우)16105 경기도 의왕시 철도박물관로 176 (176, Cheoldobangmulgwan-ro, Uiwang-si,Gyeonggi-do, 16105, KOREA)
TEL : +82-31-460-5630 FAX : +82-31-460-5509

KRRI

R(G18-0080|R18-0237)10|KL1|12763|902054|180511|180723
S-QP20-02-(13)

[표 3-90] 컨소시엄 별 호남고속선 현장시험 결과

구분	현대로템 컨소시엄	LS산전 컨소시엄	포스코건설 컨소시엄
호남고속선 (HEMU-430X)	완료 ('17. 05. 08.~'17. 09. 18.)	완료 ('17. 09. 21.~'18. 03. 12.)	완료 ('17. 04. 22.~'18. 06. 18.)
경강선 (DL)	완료 ('18. 01. 08.~'18. 03. 29.)	완료 ('18. 04. 02.~'18. 05. 11.)	완료 ('18. 05. 13.~'18. 06. 21.)

포스코건설 컨소시엄 [차상:㈜포스코건설, 지상:㈜서우건설산업]



SGS

시험평가 신청서
(TEST APPLICATION)

▷ 접수번호 : TON-R ▷ 성적서 발행번호 : SGS-R

▷ 신청자 정보 (Applicant Information)

신청회사명	한국철도공사		
주소	대전광역시 동구 중앙로 240		
신청인 (Contact Person)	성명 : 박주훈 E-mail : parkju@korail.com H.P : 010-3932-6779 Tel : 042-615-4712 Fax : N/A	세금계산서 담당자	☐ 신청인과 동일 회사명 : 유경제어㈜ 성명 : 이재훈 E-mail : ykc185@ykcontrol.com Tel : 010-9345-7123

▷ 시험성적서 정보 (Test Report Information)

제작사 (Manufacturer)	(국문) ㈜포스코건설	(국문) ㈜서우건설산업
주소 (Address)	(국문) 경상북도 포항시 남구 대송로 180	(국문) 서울특별시 금천구 시흥 1 동 태동빌딩 201 호
제품명 (Product)	(국문) KVC	(국문) 지상 RBC
모델명	· KVC SSP-HO-R001, SSP-HO-S001, SSP-HO-S002, SSP-HO-B001, SSP-HO-B007, SSP-HO-B002, SSP-HO-B006, SSP-HO-B003, SSP-HO-B009, SSP-HO-B004, SSP-HO-B010, SSP-HO-B008, SSP-HO-B011, SSP-HO-B005, SSP-HO-B012, SSP-HO-P001, SSP-HO-P002, SSP-HO-P003, SSP-HO-D001, SSP-HO-IT01	· 지상 RBC (ID:2C3) SSP-HR-R001, SSP-HR-S001, SSP-HR-S002, SSP-HR-B001, SSP-HR-B007, SSP-HR-B002, SSP-HR-B006, SSP-HR-B003, SSP-HR-B009, SSP-HR-B004, SSP-HR-B010, SSP-HR-B008, SSP-HR-B011, SSP-HR-B005, SSP-HR-B012, SSP-HR-P001, SSP-HR-P002, SSP-HR-P003, SSP-HR-D001 · 지상 RBC (ID:2C1) SSP-HR-R002, SSP-HR-S003, SSP-HR-S004, SSP-HR-B013, SSP-HR-B019, SSP-HR-B014, SSP-HR-B020, SSP-HR-B015, SSP-HR-B016, SSP-HR-B017, SSP-HR-B018, SSP-HR-B021, SSP-HR-B022, SSP-HR-B023, SSP-HR-B024, SSP-HR-P003, SSP-HR-P004, SSP-HR-B002
정격전원		
성적서 유형 (Report Type)	■ 일반 ☐ KOLAS ☐ 미발행 ■ 국문 ☐ 영문	성적서 용 도 : (국문) 자재품질 확인용 (영문)

※ 성적서는 원본 1 부(국문 또는 영문) 기본 제공되며, 추가 신청 시 비용이 발생합니다.
※ 성적서 용도는 별도 기재가 없을 경우 품질평가용으로 작성 됩니다. (성적서에 기재되는 용도임.)

▷ 시험 정보 (Test Information)

시험항목	시험규격(적용연도) & 시험방법/조건	수량	비고 (Serial Number 등)
KVC	KVC 및 지상 RBC 현차시험 절차서(KRTCS-4-PEC, Rev 2.0)	1 식	
지상 RBC (ID:203)		1 식	
지상 RBC (ID:201)		1 식	

▷ 요청 사항 ■ 시험규격 및 세부 조건 별첨 자료 참조 (별첨 내용 : 세부 시험항목 및 시험조건, 시험절차서, 체크리스트 등)
별첨. KVC 및 지상 RBC 현차시험 절차서(KRTCS-4-PEC, Rev 2.0)

▷ 시료 처리 ■ 직접회수 ☐ 폐기 ☐ 택배, 화물, 퀵 발송 (착불)

한국에스지에스(주)의 시험의뢰 규정에 의하여 시험평가를 의뢰합니다.
신청일자 : 2018 년 6 월 12 일 신청인 : 박 주 훈
한국에스지에스(주) 동탄시험소 귀하

▷ 안내 사항 ① 처음 의뢰하시는 경우(또는 변경사항 발생 시) 사업자등록증 1 부 첨부 바랍니다.
② 시료 입출고 가능 시간은 09 시~18 시이며(12 시~13 시 식사시간), 그 외 시간은 영업담당자 또는 시험담당자와 협의 바랍니다.
③ 시험품(시료)을 반환할 필요가 없는 경우 보관기간은 3 개월이며, 성적서 발행일로부터 3 개월 보관 후 폐기합니다.

▷ 검토 결과(Review Result) : 검토 승인

한국에스지에스㈜ 동탄시험소 경기도 화성시 동탄면 동탄산단 10 길 20 (방교리 781-3) Tel. 031-240-6621 Fax. 031-240-6629
EMC 시험장 : 경기도 용인시 기흥구 기흥단지로 121 번길 35(1 Lab), 기흥구 기흥단지로 24 번길 23(2 Lab)

SGS 의 모든 서비스는 귀사 웹사이트의 SGS 서비스 일반조건에 따라 수행되며 고객에게 손해가 발생할 경우 당사의 고객불만처리 절차에 따라 처리됩니다.
All SGS services are rendered in accordance with the applicable SGS General Conditions of Service available on request and accessible at http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx

TQF-404-001-01_ver1



<KVC 상태점검>



<RBC 상태점검>

- 컨소시엄 별 경강선 현장시험 현황(고속시험열차)

회차	일자	내용	비고
1	'18. 02. 27.(화)	시나리오 시험	지상 : 대아티아이㈜ 차상 : 현대로템㈜
2	'18. 02. 28.(수)	시나리오 시험	
3	'18. 03. 04.(일)	상호호환성 시험	지상 : 대아티아이㈜ 차상 : ㈜테크빌, 신우이엔지㈜

라. 시험 오류에 대한 조치사항

1) 통합시험

구분	오류	원인	조치사항
1	데이터 지연 및 손실	RBC와 인터페이스 장치, STU, 연동장치, CTC, NRBC 간 망 혼선	RBC 백본 스위치 장착 후 IP대역 분리

2) 호남고속선 현장시험

구분	오류	원인	조치사항
1	BG 수신 후 Message Consistency Error	발리스 텔레그램 오류 (1002번 BG)	발리스 텔레그램 수정
2	발리스 검지 오류	1001번 BG 수신 시(저속 40km/h) 두 번째 발리스 수신 파형이 불안정하여 간헐적으로 미 수신 오류 발생	1001번 BG 두 번째 발리스 교체
3	Level2 → Level1 구간 진입 시 RBC2와 통신 세 션이 종료되지 않는 현상	경계구간 BG(1012) 설치 위치가 Linking 정보와 불일치하여 열차후두부가 레벨 경계 지점 통과 후 열차 위치보고 메시지 미 전송	발리스 텔레그램의 Linking 정보 수정 및 열차후두부가 Level2 → Level1 경계 지점 통과 시 RBC로 열차 위치보고 기능 수정/보완
4	JRU 기록 데이터 단위 오류	JRU 기록 시 일부 데이터 값의 단위 변환 누락 오류	JRU 기록 시 데이터 단위 수정 (cm/s → km/h, cm → m)

3) 강릉선 현장시험

구분	오류	원인	조치사항
1	속도/거리 연산 오차	디젤기관차 기존 도플러 레이더 센서 I/F 불가로 미사용	도플러 레이더 센서 교체 후 I/F 추가
2	BG Missing 검지 후 정 차하여 새로 수신한 MA 의 Linking 정보 처리 오류	이동거리 연산 오차로 열차가 실제보다 더 이동하여 BG Missing 에러가 발생, 제동 체결로 열차가 정차한 후 RBC로 MA를 요청하여 새로운 MA를 수신하고 Linking 정보에 Missing 처리된 발리스 정보가 포함되어 있을 경우, Missing 처리된 BG를 다음 예상 BG로 재설정하면서 같은 BG에 대한 Missing 처리를 반복하는 오류 발생	Linking Error(BG Missing 포함)가 발생된 BG에 대하여 Linking Error 체크하지 않도록 수정
3	절연구간 내 열차 정차 후 추진 불가	Track condition 절연구간 처리 시 Traction cut off 처리	디젤차량 파라미터 조건 수정
4	CAB 전환 후 RBC 통신세션 연결 시 바로 이 전에 연결되었던 RBC가 아닌 다른 RBC로 통신이 연결	RBC 정보 갱신 시 정보가 내부에 저장되지 않는 경우가 일부 존재	RBC 정보 갱신 시 저장하도록 수정
5	정지신호에서 이동권한 단축 기능 시험 중 이동 권한 미 단축	정지 신호에서 신호기 이후로 이동권한이 수신됨	RBC S/W 오류 수정
6	BG Linking 에러	RBC로부터 수신한 일부 구간의 BG Linking 정보의 오류	RBC 지상 DB 오류 수정
7	UDP 방식으로 데이터 전송 시 한번에 FULL 데이터의 전송이 이루어 지지 않고 데이터 분리	경강선 시험 시 RBC와 연동장치간 물리적 연결이 터미널 서버로 연결되어 있었음	연동장치에서 터미널서버로 전송 하고 터미널 서버와 PC간 연결 후 PC에서 데이터 생성하여 RBC로 전달하도록 중간 송신매체 삽입.

[3세부]

본 과제의 연구 수행 내용을 요약하면 다음과 같다.

○ LTE 기반 철도통신시스템 규격 개발
- LTE 기반 철도통신시스템 요구사항
- LTE 기반 철도통신시스템 구조
- LTE 기반 철도통신시스템 성능시험 규격
- LTE 기반 철도통신망 운용 요구사항

○ LTE 기반 철도통신시스템 표준 제정
- LTE 기반 철도통신시스템 요구사항 TTA 표준 제정
- LTE 기반 철도통신시스템 구조 TTA 표준 제정
- LTE 기반 철도통신시스템 성능시험 규격 TTA 표준 제정

○ 철도망과 기존망 연동방안 수립
- 철도망과 기존망 연동에 따른 운용 최적화 방안 보고서 작성

○ 철도전용 무선통신망 구축에 따른 비용 및 편익 등의 경제성 분석
- 철도전용 무선통신망 구축에 따른 비용 및 편익 등의 경제성 분석서 작성

○ 철도전용 무선통신망 구축에 따른 전파특성 분석
- 철도전용 무선통신망 구축에 따른 전파특성 분석서 작성

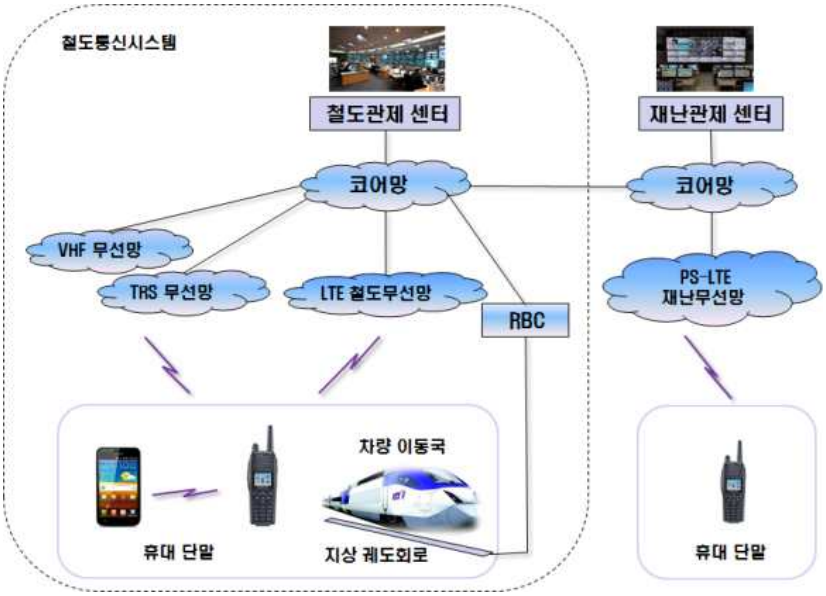
1. 1차년도 연구수행 내용 및 성과

1.1 주요 연구 내용

○ 일반 및 고속철도 적용을 위한 요구사항 정의
○ 철도전용 무선통신망 표준화 활동
○ 철도전용 주파수 활용방안 수립
○ 연구결과의 실용화를 위한 표준사양 확정 및 법령 개정(안) 마련

1.2 주요 성과

○ LTE 철도무선통신 규격 제정
- 시스템 요구사항 정의
  . 성과 : LTE 기반 철도통신 시스템 요구사항 정의서 초안



[그림 3-158] 일반 및 고속철도 통신 시스템 구성도

- LTE 철도무선통신 규격을 제정하기 위하여 GSM-R 기반으로 요구사항을 분석하였음.

. 철도음성 통화 기능

철도 분야의 특성을 반영한 음성 통화 기능은 철도 안전과 효율적인 열차 운행을 위해 필수적인 항목이며 음성통화의 종류는 다음과 같음.

1) 열차 기관사와 열차 관제소간 열차 운영을 위한 음성 통화 서비스(관제통화)

2) 열차 긴급 상황을 위한 비상 통화 서비스(비상통화)

3) 특정 지역 내 혹은 특정 사용자간의 그룹 통화 서비스(구간통화/일반통화)

4) 특정 지역 내 철도 종사자들을 위한 방송통화 서비스

관련 통화 서비스는 그 특성에 따라 열차의 운행과 안전에 필수적인 Vital 음성 통화 서비스와 Non-vital 음성 통화 서비스로 구분할 수 있으며 Vital 음성 서비스에 대한 성능 요구사항은 아래의 표와 같음.

[표 3-91] Vital 음성 통화 서비스 요구사항

항 목	성능 요구사항
Radio Signal Level	95% Coverage 조건에서 -95dBm 이상
Speed	350 km/h
Data delay	200ms

열차 운행과 안전에 직접적인 영향을 미치는 Vital 음성통화 정보의 경우 전파 커버리지의 95%에 대하여 열차 단말의 수신전력은 -95dBm 이상이 되어야하고 열차의 이동성은 최대 350km/h이상을 지원하여야 하며, 음성의 경우 양 끝단 200msec 이상의 지연에 대해서는 음성 품질이 급격히 저하됨에 따라 음성 통화 지연이 최대 200msec를 초과하지 않도록 해야 함.

[표 3-92] Non-vital 음성 통화 서비스 요구사항

항 목	성능 요구사항
Radio Signal Level	95% Coverage 조건에서 -110dBm 이상
Speed	350 km/h
Data delay	200ms

열차 운행과 안전에 직접적인 영향을 미치는 않는 Non-vital 음성통화 정보의 경우 전파 커버리지의 95%에 대하여 열차 단말의 수신전력은 -110dBm 이상이 되어야하고 열차의 이동성은 최대 350km/h이상을 지원해야 하며, 음성의 경우 양 끝단 200msec 이상의 지연에 대해서는 음성 품질이 급격히 저하됨에 따라 음성 지연이 최대 200msec를 초과하지 않도록 해야 함. 긴급 상황 발생 시 음성의 호 처리 시간은 열차의 안전과 민감한 요소임에 따라 철도 음성 통화 서비스에는 호 처리 요구사항도 존재함.

[표 3-93] 철도 음성 통화 서비스 종류 및 호 처리 성능 요구사항

항 목	통화 종류	비 고
Class I	Railway emergency call	≤ 1s
Class Ia	M to M urgent group call	≤ 2s
Class II	General operation call	≤ 5s
Class III	Low priority call	≤ 10s

○ 철도전용 무선통신망 표준화 활동

- TTA 표준제안 : LTE 기반 철도통신 시스템 요구사항 (일반·고속철도)

일반 및 고속철도 적용을 위한 무선통신 서비스 개요는 다음과 같음.

. 한국 철도 통신 시스템은 철도 운영자와 관리자에게 열차 제어 서비스와 음성 통화, 데이터 및 영상 서비스를 제공함.

. 열차 제어 서비스는 관제 센터의 관제사와 열차내 기관사간에 이루어지며 열차 상태를 모니터링하고 안전 운행을 제어하는 서비스임.

. 음성 통신 서비스는 관제센터 관리자, 열차기관사, 운영자, 그리고 선로상의 유지보수 작업자에게 제공되는 서비스로, 개별 음성 통화, 긴급 통화, 그룹 음성 통화, 다자간 음성 통화, 단말간 직접 통화가 있으며 통신 전송 지연시간이 300msec 이내로 시간 응답성이 높은 서비스임.

. 열차 데이터 서비스는 열차 관제 센터의 관제사와 철도 운영자간에 이루어지는 서비스로 Vital 데이터와 Non Vital 데이터 형태의 서비스가 있음. 이 서비스는 관제센터 관리자, 열차에 있는 기관사, 운영자, 그리고 선로상의 유지 보수 작업자에게 제공되는 서비스이며, 열차 승무원의 열차 운행 관련 데이터, 현장 작업 데이터, 열차 접근 경보 데이터 등 열차와 선로 상에서 발생되는 데이터 정보를 포함함.

○ 철도전용 주파수 활용방안 수립

- 재난안전 통신망과 로밍 및 통합 운영을 위한 통합연계방안 검토를 수행하였고, 우리나라는 2014년 700MHz주파수대역에서 LTE 기술을 이용한 공공안전 LTE 망(PS-LTE) 구축을 위해 국가재난안전망 프로젝트가 시작되었고 차세대 열차무선통신망(LTE-R)을 위한 주파수대역도 재난안전망과 동일한 700 MHz 대역으로 할당되었음.

- 700 MHz시스템에서 가장 중요한 쟁점 중의 하나는 PS-LTE와 LTE-R 네트워크가 공존함에 따라 발생하는 동일채널간섭(CCI)임. PS-LTE와 LTE-R 간 간섭을 최소화하고, LTE-R 열차제어신호를 위한 채널상황을 향상시키기 위해 ICIC, eICIC, FeICIC, 그리고CS (Coordinated Scheduling) CoMP 등이 적용될 수 있음.

- RAN sharing은 열차에서 LTE-R eNB site와 철도노선 간의 짧은 거리로 인해 LTE-R eNB 로부터 보다 높은 신호전력을 수신하기 때문에 PS-LTE UEs에게 더 많은 이점을 제공하며, 정해진 선로를 통과하는 열차 노선의 특성상 LTE-R이 PS-LTE의 RAN을 Sharing 할 필요는 없음.

- LTE-R MCS(mission critical services)의 QoS를 보장하기 위하여, LTE-R eNB는 PS-LTE UEs에게 RAN sharing를 지원하는 동시에, 항상 LTE-R UE에게 더 높은 우선순위를 부여하는 것이 필요함.

2. 2차년도 연구수행 내용 및 성과

2.1 주요 연구 내용

○ 일반 및 고속철도 적용을 위한 무선통신 요구사항 정의

- 일반 및 고속철도 적용을 위한 현황분석

○ 철도전용 주파수 분배에 따른 주파수 활용 계획 수립

○ LTE-R 통신 규격 연구

- 고속이동환경에서 성능분석연구
- TETRA 연동 방안 연구
- 국내외 표준화 계획수립

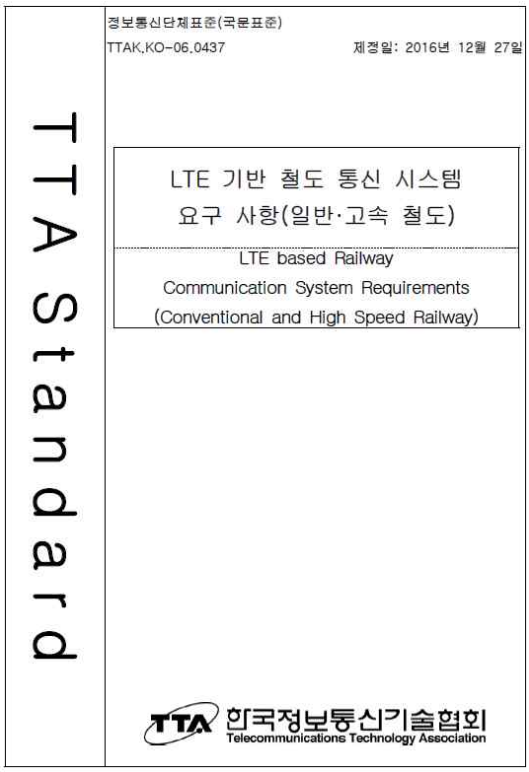
○ 국내외 철도 무선통신 시스템 규격분석 및 인터페이스 분석

2.2 주요 성과

○ LTE 철도무선통신 규격 제정

- 시스템 요구사항 표준 제정 (TTAK.KO-06.0437)

표준 제목	LTE 기반 철도통신 시스템 요구사항 (일반·고속 철도)
표준화 단체	한국정보통신기술협회(TTA) ITS/차량ICT 프로젝트그룹
표준 종류	정보통신단체표준(TTAK)
표준 제정일	2016.12.27.
표준 제안기관	한국전자통신연구원



[그림 3-159] LTE 기반 철도통신 시스템 요구사항 (TTA 표준 표지)

(1) 일반 및 고속철도 적용을 위한 무선통신 요구사항 정의

(가) 일반 및 고속철도 적용을 위한 무선통신 서비스 개요

○ 한국 철도 통신 시스템은 철도 운영자와 관리자에게 열차 제어 서비스와 음성 통화, 데이터 및 영상 서비스를 제공함.

○ 열차 제어 서비스는 관제 센터의 관제사와 열차내 기관사간에 이루어지며 열차 상태를 모니터링하고 안전 운행을 제어하는 서비스임. 열차 상태 모니터링은 열차가 350km/h 고속으로 이동하는 전파 환경에서 선로에 설치된 지상 궤도 회로에서 검지된 정보를 RBC를 통해 수신하거나 또는 차량 이동국에서 검지된 정보를 철도 무선망을 통해 수신함으로써 이루어지며 열차 상태 정보는 열차의 위치와 속도 정보 데이터(크기는 64바이트 이내)를 포함함. 열차 운행 검지 및 제어는 폐색구간 단위로 이루어지므로 폐색 구간 간에 핸드오버 기능을 제공하며, 선로 궤도 회로는 국내외적으로 채택하여 사용하고 있는 ETCS L2 신호 제어 방식과 호환성을 제공함.

이 열차 제어 서비스는 통신의 신뢰성이 높고 다른 서비스에 비해 우선순위가 가장 높은 서비스임.

○ 음성 통신 서비스는 관제 센터 관리자, 열차에 있는 기관사, 운영자, 그리고 선로상의 유지 보수 작업자에게 제공되는 서비스로, 개별 음성 통화, 긴급 통화, 그룹 음성 통화, 다자간 음성 통화, 단말간 직접 통화가 있으며 통신 전송 지연시간이 300msec 이내(TBC)로 시간 응답성이 높은 서비스임.

○ 열차 데이터 서비스는 열차 관제 센터의 관제사와 철도 운영자간에 이루어지는 서비스로 Vital 데이터와 Non Vital 형태의 서비스가 있음.

이 서비스는 관제 센터 관리자, 열차에 있는 기관사, 운영자, 그리고 선로상의 유지 보수 작업자에게 제공되는 서비스이며, 열차 승무원의 열차 운행 관련 데이터, 현장 작업 데이터, 열차 접근 경보 데이터 등 열차와 선로 상에서 발생되는 데이터 정보를 포함함.

○ 영상 통신 서비스는 열차 관제 센터의 관제사와 철도 운영자간에 이루어지는 서비스이며, 영상 정보를 이용한 서비스이며 데이터 전송율이 높은 특징을 가지고 있음.



[그림 3-160] 철도 무선통신 요구사항 정의

(나) 일반 및 고속철도 무선통신 시스템 요구사항

○ 한국 철도 통신 시스템은 철도관제 센터와 코어 망, 무선 통신망과 단말 장치로 구성이 되어 열차 제어 서비스와 음성 통화, 데이터 및 영상 서비스를 제공함.

○ 열차 제어 서비스는 철도관제센터와 코어망, LTE 철도 무선망, 차량 이동국과 연동, 그리고 지상 궤도 회로와 RBC간 연동을 통하여 이루어진다. 이 열차 제어 서비스는 무선통신망의 가용성과 신뢰성을 보장하기 위해 무선통신망을 이중화함.

○ 음성 통화, 데이터 및 영상 서비스는 철도관제센터와 코어망, LTE 철도 무선망, 차량 이동국과 휴대 단말간 연동에 의해 이루어짐.

현재 사용하는 VHF 통신망, TETRA 통신망과 연동하며 새롭게 구축되는 재난 통신망과도 코어망을 통해 연동이 이루어짐. 철도통신무선망과 재난통신무선망은 동일한 주파수 대역

을 사용하므로 망간 간섭이 없도록 무선망을 구축함.

(다) 시스템 기능 요구사항

철도 관제 센터와 코어망, 무선 통신망 및 차량 단말, 그리고 열차 제어를 위한 지상 궤도 회로와 RBC 에 대한 기능 요구사항은 다음과 같음.

○ 철도 관제 센터 기능 요구사항

• 열차 모니터링

철도 관제 센터는 철도 운영 상황을 모니터링하고 관리할 수 있도록 디스플레이 기능과 사용자 인터페이스 기능을 제공하여야 함.

• 관제 서버

철도 관제 센터는 열차 제어 서비스와 철도 통신 서비스를 제공할 수 있도록 음성 통화 서버, 데이터 통신 서버, 영상 통신 서버를 제공하여야 함.

• 긴급 통화

철도 관제 센터는 관제사와 철도 운영자간 긴급 통화, 차량 번호 호출 기능을 제공하여야 함.

○ 코어 망 기능 요구사항

• 네트워크 관리 기능(NME)

코어 망은 사용자의 이동성 기능과 보안 기능을 제공하기 위한 시그널링 기능을 제공하여야 함.

• 가입자 관리 기능(HSS)

코어 망은 사용자의 호처리 절차, 이동성 관리, 사용자 인증 및 보안 기능을 제공하여야 함.

• Serving Gateway 기능(SGW)

코어 망은 휴대 단말과 무선 접속을 통한 IP 패킷을 처리하고 기지국/RBC간 핸드오버 기능을 제공하여야 함.

• Packet Gateway 기능 (PGW)

코어 망은 다른 IP 패킷망과 연동을 지원하는 게이트웨이 기능을 제공하여야 함.

• 과금 기능

코어 망은 사용자/시간별로 과금할 수 있어야 함.

• 무선망 연동

코어 망은 LTE 무선 통신망, VHF 무선망, TETRA 무선망과 연동 기능을 제공하고, 재난통신시스템의 코어망과 연동이 되어야 함.

• RBC 연동

코어 망은 열차 제어를 위해 RBC와 연동이 되어 열차의 위치와 속도 정보를 전달할 수 있어야 함.

○ 무선 통신망 기능 요구사항

• 통신 표준 준용

무선 통신망은 차량 이동국 또는 휴대 단말과 기지국간 무선 접속을 제공하여 3GPP Rel. 12 방식으로(TBC) 접속이 되어야 함.

• 망 이중화

무선 통신망은 무선 구간의 가용성과 신뢰성을 위해 무선망이 이중화되어야 함.

• 기지국 기능

무선 통신망은 기지국은 DU와 RU, 그리고 무선망 커버리지 확대를 위해 중계기로 구성이 되며 휴대 단말과의 무선 인터페이스 기능과 코어망과의 유선 인터페이스 기능을 제공하여야 함.

• 재난망과 간섭

무선 통신망은 재난통신 무선망과 간섭이 없어야 함.

• 망 연동

무선 통신망은 현재 사용하는 VHF 무선망, TETRA 무선망은 코어망을 통하여 LTE 무선망과 연동이 되거나 또는 휴대 단말에서 게이트웨이를 통하여 선택적으로 사용할 수 있어야 함.

○ 차량 단말 기능 요구사항

• 단말기 종류 및 형태

차량 단말은 열차 기관사가 사용하는 차량 이동국과 열차 운영 및 유지 보수 관리자가 사용하는 휴대 단말이 있으며 휴대 단말은 기구적으로 견고한 형태를 제공하여야 함.

• 사용자 인터페이스 기능

차량 이동국은 음성 통화, 데이터 및 영상 통화를 할 수 있도록 휴먼 인터페이스 기능을 제공하여야 함.

• 열차번호 등록 및 해제 기능

차량 이동국은 기관사가 열차번호를 직접 입력하거나 열차번호 자동화 배정요구에 따라 열차번호를 등록 혹은 해제할 수 있어야 하며 이를 위하여 차량제어장치와 RS-422, RS-485 등 다양한 인터페이스를 수용할 수 있어야 함.

• 실시간 열차 진단 기능

차량 이동국은 열차 기동 시 및 운행 중에 차량의 이상 유무를 확인할 수 있도록 열차의 고장 정보를 제공하여야 함.

• 장애 대응 기능

차량 이동국은 전후부 열차 이동국 장치가 상호 인터페이스 되어 전부 장치 장애 발생 시 후부 장치로 가동이 될 수 있어야 함.

• 음성 안내 방송 기능

차량 이동국은 열차 음성안내방송, 열차내 안내방송 기능을 제공하여야 함.

• 단말기 위치 기능

차량 이동국은 위성 또는 기지국 기반 측위기술을 활용하여 단말기의 위치를 확인할 수 있어야 함.

• 핸드오버 기능

휴대 단말은 기지국간 핸드오버 기능을 제공하여야 하며, 열차 신호 제어에 있어서는 RBC간 핸드오버를 제공하여야 함.

• 소프트웨어 업데이트 기능

차량 이동국은 소프트웨어와 정보의 업데이트를 자동 혹은 수동으로 사용자가 설정할 수 있어야 함.

• PTT 버튼 기능

휴대 단말은 두꺼운 장갑 등을 착용했을 때에도 사용이 편리하도록 휴대용 무선장치 외부에 PTT 버튼을 제공하여야 함.

○ 지상 궤도 회로 연동 기능 요구사항

• RBC와 차량 이동국 연동

지상궤도 회로는 주행 중인 열차의 위치와 속도 정보를 실시간으로 전달하기 위하여 RBC와 차량 이동국과 연동할 수 있어야 함.

○ RBC 연동 기능 요구사항

• RBC 연동

차량 이동국은 RBC 에서 생성된 열차 제어권 정보를 수신하여 무선망을 통하여 차량 이동국에 전달할 수 있도록 RBC 연동 기능을 제공하여야 함.

• 핸드오버 기능

RBC는 지상 궤도 회로와 코어 망과 연동을 지원해야 하며 유럽형 ETCS-L2 방식과 호환이 되어야 하고, RBC간에는 운전 제어권 정보를 에러 없이 전달하는 핸드오버 기능이 제공되어야 함.

(나) 시스템 성능 요구 사항

한국철도통신시스템의 기본적인 성능 요구 사항은 다음과 같다.

○ 관제 센터 성능 요구사항

음성 통화, 데이터 및 영상 서비스를 위한 서버 용량과 성능은 다음과 같다.

• 음성 PTT

관제 센터는 동시에 최대 5만명의 음성 통화를 처리할 수 있어야 함.

• 데이터 서버

관제 센터는 동시에 최대 1만명 데이터 서비스를 처리할 수 있어야 함.

• 영상 서버

관제 센터는 동시에 최대 1만명 데이터 서비스를 처리할 수 있어야 함.

• 긴급 통화 접속 시간

관제 센터는 통화 접속은 0.3초 이내에 이루어져야 함.

○ 코어망 성능 요구사항

음성 통화, 데이터 및 영상 서비스를 위한 서버 용량과 성능은 다음과 같다.

• 네트워크 관리 기능(NME)

코어 망은 사용자의 이동성 기능과 보안 기능을 제공하기 위한 시그널링을 고속으로 처리하여야 함.

• 가입자 관리 기능(HSS)

코어 망은 사용자의 호처리 절차, 이동성 관리, 사용자 인증 및 보안 기능을 고속으로 처리하여야 함.

• Serving Gateway 기능(SGW)

코어 망은 휴대 단말과 무선 접속을 통한 IP 패킷을 처리하고 기지국/RBC간 핸드오버를 실시간으로 처리하여야 함.

• Packet Gateway 기능 (PGW)

코어 망은 다른 IP 패킷망과 연동을 지원하는 게이트웨이 기능을 제공하여야 함.

• 과금 기능

코어 망은 사용자/시간별로 과금을 할 수 있어야 함.

○ 무선 통신망 성능 요구사항

• 데이터 전송 용량(Throughput)

무선 통신망은 최대 2Mbps를 제공할 수 있어야 함.

• 열차제어 정보 전송 지연

무선 통신망은 열차 제어에 관련된 제어권 정보는 500msec 이내에(TBC) 에러없이 전송할 수 있어야 함.

• 패킷 전송 성공율

무선 통신망은 열차 제어 정보의 패킷 전송 성공률은99.0 % 이상(TBC) 이어야 하고, 음성, 데이터, 영상 정보는 90% 이상(TBC) 이어야 함.

• 핸드오버 절체 시간

무선 통신망의 핸드오버의 절체 시간은 50msec 이내(TBC) 이어야 함.

○ 차량 단말 성능 요구사항

• 송신 출력

차량 단말은 최대 출력은 1Watt 이어야 함.

• 단말 이동성

차량 단말은 시속 350km/h 이동 환경에서도 통신이 가능하여야 함.

• 통화 접속 시간

차량 단말의 응급 비상 통화는 300msec 이내에(TBC) 접속이 가능하여야 함.

• 밧데리 사용 시간

차량 단말은 충전시 8시간을(TBC) 사용할 수 있어야 함

• 동작 조건

차량 단말은 현장의 악조건 속에서의 사용을 감안하여 IP67 등급 이상의 방수와 방진 능력이 보장되어야 함.

3. 3차년도 연구수행 내용 및 성과

3.1 주요 연구 내용

○ LTE 철도무선통신 규격 제안

○ 철도 무선통신망 운용방안 분석서

○ LTE 철도통신 단말 규격 제안

○ 국내외 철도통신 표준기술 동향분석서

○ 철도전용 무선통신 요구사항 정의서

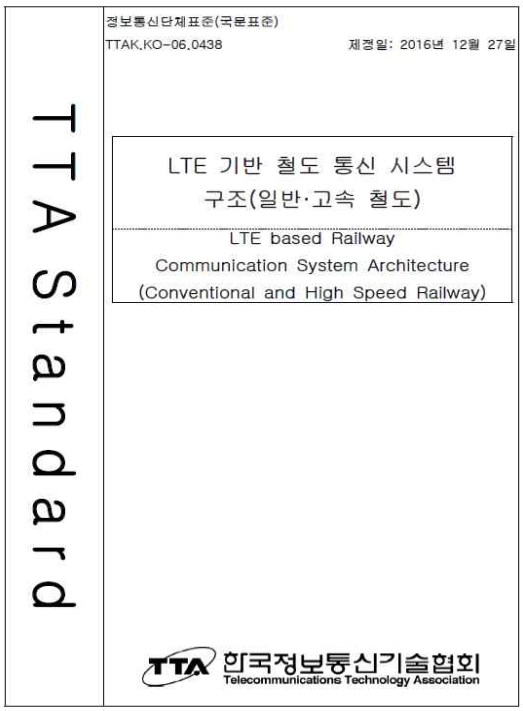
○ 철도통신 주파수 운용계획서

3.2 주요 성과

○ LTE 철도무선통신 규격 제정

- TTA 구조 표준 제정 (TTAK.KO-06.0438)

표준 제목	LTE 기반 철도통신 시스템 구조 (일반·고속 철도)
표준화 단체	한국정보통신기술협회(TTA) ITS/차량ICT 프로젝트그룹
표준 종류	정보통신단체표준(TTAK)
표준 제정일	2016.12.27.
표준 제안기관	한국전자통신연구원



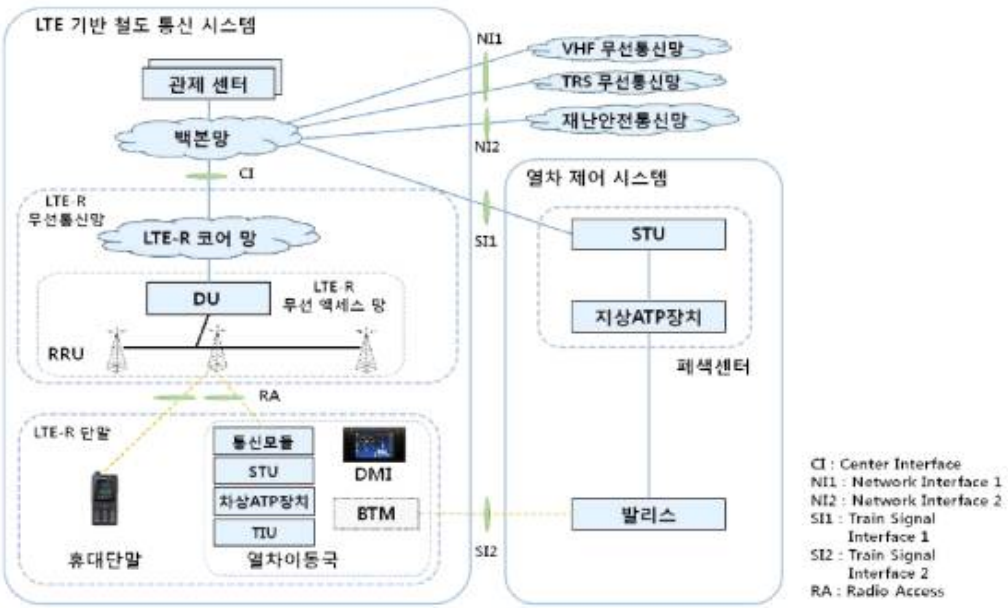
[그림 3-4] LTE기반 철도통신 시스템 구조 (TTA 표준 표지)

○ LTE 기반 철도통신시스템 구조 및 특징

LTE 기반 철도 통신 시스템은 철도 관제 센터, 백본망, LTE 무선 통신망 및 단말 장치로 구성이 되어 열차 제어 데이터 서비스와 음성 통화, 데이터 및 영상 서비스를 제공함. 구성요소는 다음과 같고 시스템의 기본 구조는 아래 그림과 같음.

- 관제 센터
- 백본망
- LTE 무선 통신망
- 신호 제어망
- 휴대용 무선장치
- 열차이동국

LTE 무선 통신망은 IP 기반 통신망 규격이고 현재 GSM 신호 제어망은 Circuit 기반 GSM 통신망과 연동하는 규격이므로, 우리나라 신호 제어망과 LTE 무선 통신망간 연동 규격은 새롭게 정의할 필요가 있음. 또한 재난 안전 통신망, TRS 무선 통신망 등 기존 이동통신망과의 연동 규격 정의가 필요함.



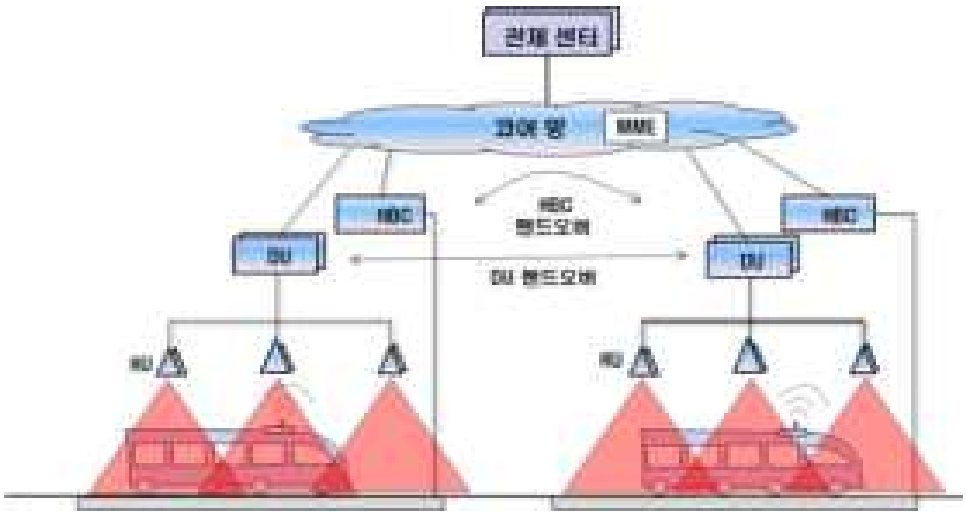
[그림 3-161] LTE 기반 철도통신시스템 구조

시스템의 물리적인 구조는 위 그림과 같이 관제센터와 LTE 기반 철도 통신 시스템 코어망(이하 코어망), 백본망(광 전송망)과 LTE 무선 통신망과 휴대용 무선장치와 차량 이동국으로 구성되어 있음.

관제센터에는 신호제어를 위한 폐색센터와 관제사 통신 장치가 있으며 코어망에는 통신 서비스를 제공하기 위한 서비스 플랫폼과 코어 장비를 포함하고 있으며 코어망과 무선 액세스망 간에는 광 전송망으로 접속이 되어 있음. 재난 안전 통신망과 TRS 통신망은 코어망과 관제센터와 연동됨.

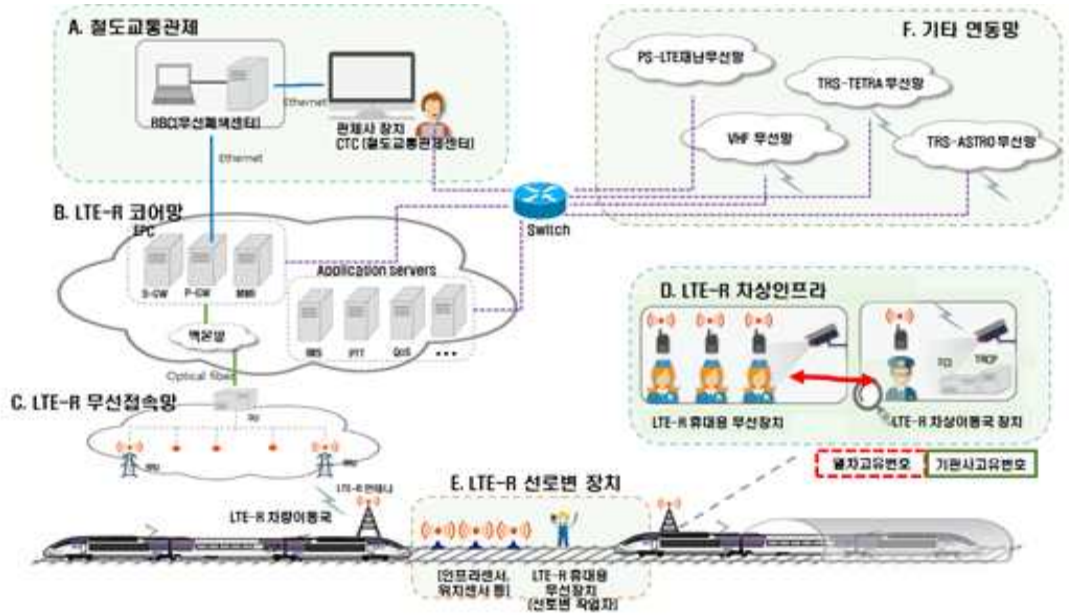
무선망은 하나의 DU와 다수의 RRU가 유선으로 연결되어 있고 RRU의 안테나 방사 패턴에 의해 무선 셀이 형성됨. 이 무선 셀의 무선 커버리지는 셀 가장가리에서 중첩되어 있으므로 셀 간 핸드오버에 의해서 단말과 DU 간 통신이 끊김없이 이루어 지도록 함. 이러한 무선망에서는 셀 간 핸드 오버, DU 간 핸드오버가 이루어져야 하고 핸드오버에 의해 소요되는 핸드오버 스위칭 시간이 최소화되어야 함.

셀간 핸드오버는 RRU 간에 이루어지는 핸드오버를 말함. RRU를 2km 간격으로 설치하고 350km/h 이동하는 경우 셀 간 핸드오버는 약20초(2x3600/350)마다 이루어지므로 빈번한 핸드오버로 인한 통신 성능 저하와 핸드오버 처리 메시지 증가로 인한 통신 자원 낭비가 있으므로 가능한 핸드오버 회수를 줄이는 기술이 필요하며, 아래 그림과 같이 고속 철도의 고속 이동성을 고려하여 다수의 셀을 하나의 셀로 묶어 동일한 Cell ID를 적용하고 각각의 RRU는 PCI(Physical-layer Cell Identity)를 할당하는 인지하는 Copy Cell 형태로 구성하여 핸드오버 횟수를 줄일 수 있음.



[그림 3-162] LTE 기반 철도통신시스템의 특징

- 개발된 LTE 기반 철도통신 시스템이 일반적인 LTE와 기술적 차이점은 다음과 같음.
  . 진행방향 인접기지국 등록 기능
  . 서비스품질을 관리하는 기능
  . 열차제어신호 데이터 우선 처리 기능
  . 시간적으로 빠른 응답이 필요한 PTT Call 처리기능
  . 고속 이동으로 인한 도플러 영향과 빈번한 핸드오버 처리 기능



[그림 3-163] 구조표준에 반영된 LTE-R 구조

[표 3-94] LTE 기반 철도통신 서비스 범위

중분류	(식별번호) 세부 서비스
열차제어 데이터 서비스	(S1-01) 차량이동국과 폐색센터 간 접속서비스
	(S1-02) 열차 모니터링 데이터 전송서비스
	(S1-03) 열차 제어권 데이터 정보 전송서비스
음성통화서비스	(S2-01) 개별음성통화서비스
	(S2-02) 긴급통화서비스
	(S2-03) 음성방송통화서비스
	(S2-04) 그룹음성통화 서비스
	(S2-05) 열차호출서비스(기능어드레싱)
	(S2-06) 위치기반 통화서비스 (위치기반어드레싱)
	(S2-07) 임환모드 통신서비스
	(S2-08) 직접 통신서비스
	(S2-09) 음성통화 녹취서비스
	(S2-10) 재난 안전통신망 연동서비스
	(S2-11) 기존통신망 연동 서비스
데이터서비스	(S3-01) 데이터서비스 우선순위 서비스
	(S3-02))재난 통신망과 연동서비스
영상서비스	(S4-01) 영상정보 전송서비스
	(S4-02) 영상정보 녹취 서비스
	(S4-03) 그룹 간 영상통화(영상 PTT) 서비스

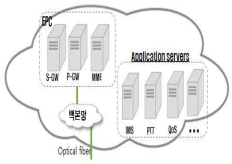
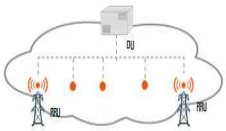
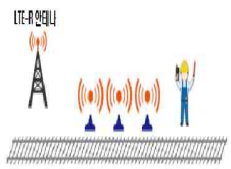
○ 철도망과 재난망 간의 주파수 간섭 분석

- 연구내용

. 철도무선통신망(LTE-R)과 국가재난안전통신망(PS-LTE) 공동구축을 위한 주파수 사용의 국내/국외 사례 조사 및 분석을 수행하였음.

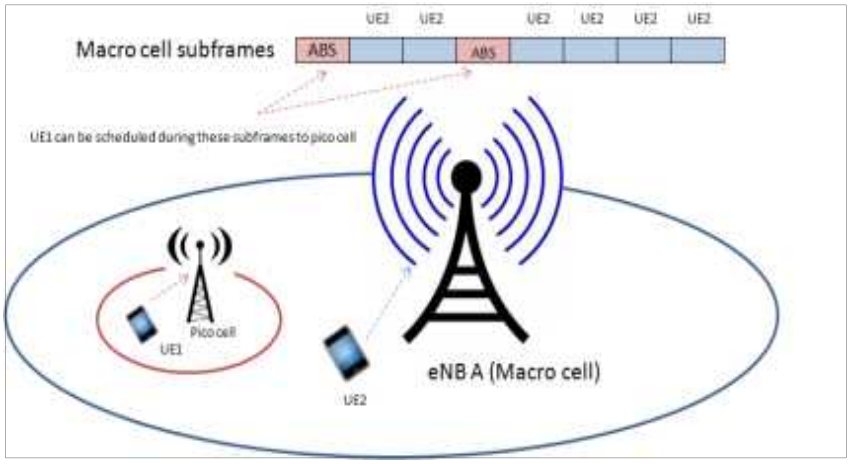
. 철도무선통신망(LTE-R)과 국가재난안전통신망(PS-LTE) 공동구축에 따른 하향링크(DL) 전파간

[표 3-95] 시스템 구성 및 역할

구 성	항 목	내 용
철도관제센터 	수행 주체	관제사
	기능 범주	서비스 공급, 운영 및 관리
	관련 주요 장치	관제사 장치, 철도관제설비, 전자연동장치, 폐색센터
	역할	기관사와 사령과의 열차관제, 운행정보 및 긴급사태에 대한 사령무선통신
코어 망 	수행 주체	코어망
	기능 범주	전송
	관련 주요 장치	call 서버, PTT 서버, 다자 간 통화서버, 영상서버, 관제서버, 녹취 서버, 코어장비(SAE GW), MME, LSM, HSS, PCRF
	역할	철도통신 코어기능 제공
무선 액세스망 	수행 주체	무선 액세스망
	기능 범주	전송
	관련 주요 장치	기지국 장비(RRU, DU)
	역할	LTE-R 서비스 전체의 차상인프라와 지상인프라와의 무선연동
단말 장치 	수행 주체	승무원, 기관사, 열차(차량 이동국장치)
	기능 범주	생산, 소비(이용)
	관련 주요 장치	휴대용무선장치(승무원), 차량이동국, 휴대용무선장치(기관사)
	역할	역사의 역무원과 기관사의 통신, 승무원과의 통신, 역사진입정보 이용 무선통신
선로 장치 	수행 주체	선로변 작업자, 인프라센서, 역무원 등
	기능 범주	생산, 소비(이용), 운영 및 관리
	관련 주요 장치	휴대용 무선장치(선로변 작업자 등), 발리스, M2M 무선장치(인프라센서 및 위치장치), 휴대용무선장치(역무원)
	역할	선로보수 작업을 위한 무선통신 혹은, 유지보수) 사물지능통신으로 사전 대처 (무인화, 지능화(이상감지 및 통보)), 열차운행관리, 열차안전관리, 승객서비스
기존 통신망 	수행 주체	PS-LTE 재난 무선망, VHF 무선망, TRS-ASTRO 무선망, TRS-TETRA 무선망
	기능 범주	전송
	관련 주요 장치	연계 기지국
	역할	PS-LTE 재난 무선망 연계, VHF 무선망 연계, TRS-ASTRO 무선망 연계, TRS-TETRA 무선망 연계

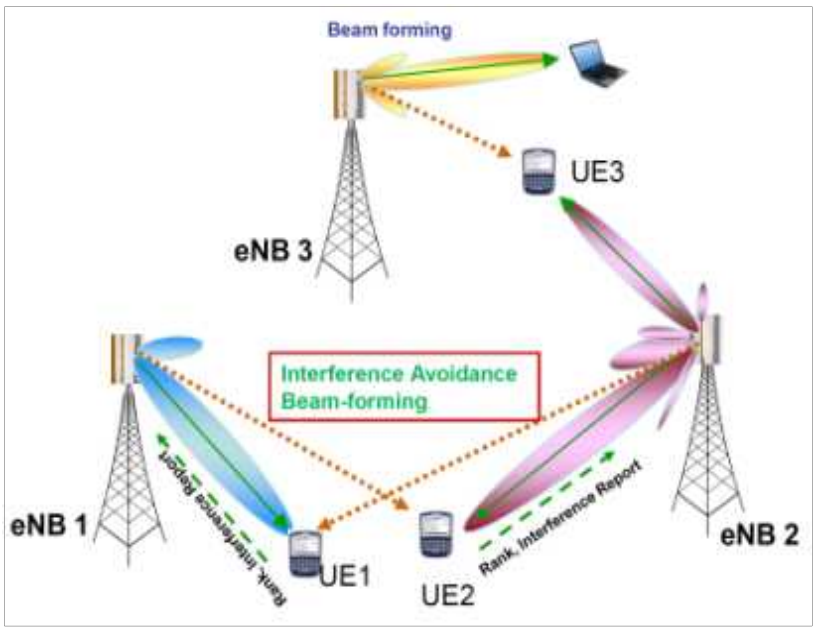
섭 시스템레벨 성능 분석 및 완화 방안 연구를 수행하였음.

. 기지국간 정보교환 및 전파간섭제어를 위한 enhanced ICIC (eICIC), Further enhanced (FeICIC) 기술개발 동향을 분석하였음.



[그림 3-164] eICIC/FeICIC 기술

- PS-LTE와 LTE-R 간 또는 다른 사업자들이 구축하는 LTE-R과 LTE-R 간 상호간섭 시나리오에서 eNB의 MIMO 안테나를 이용하여 coordinated beam-forming을 통해 전파간섭을 완화하는 CoMP 고도화 기술의 적용방안을 연구하였음.



[그림 3-165] CoMP coordinated beamforming 기술

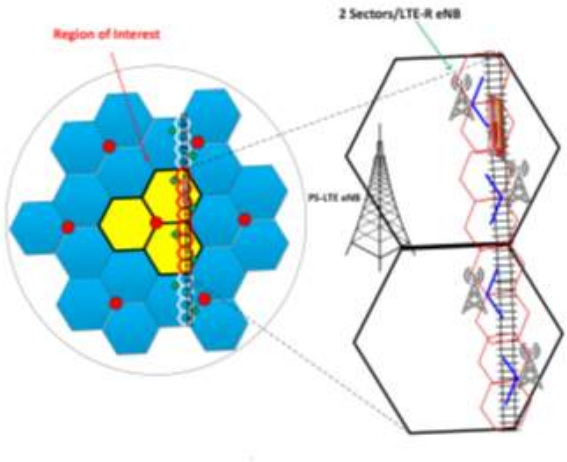
- 간섭시나리오

. LTE-R과 PS-LTE는 동일하게 상/하향 10MHz 대역폭을 사용하도록 설계되었으며 이 경우 co-channel interference를 겪게 되어 성능열화가 필연적임.

. PS-LTE는 다양한 재난발생 상황을 대응해야 하는 목적상 넓은 지역을 서비스해야 하므로 macro-type의 네트워크 구축이 필요하며, LTE-R은 철도용 무선서비스만을 목적으로 하므로 철로변을 중심으로 좁은 지역을 서비스하므로 pico-type의 네트워크 구축이 필요함

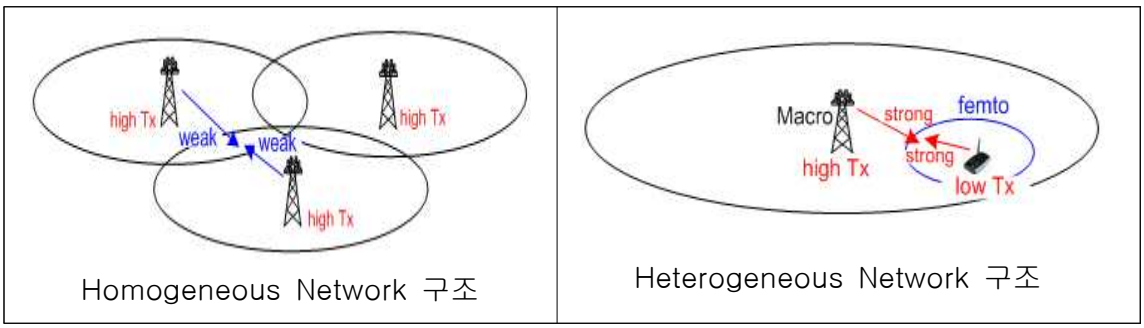
. LTE-R과 PS-LTE의 공동구축은 이러한 네트워크 특징을 고려하면 아래 그림과 같이 넓은 PS-LTE 기지국 커버리지 내에 LTE-R 기지국 커버리지가 overlay 형태로 구현되

는 이종망 네트워크(heterogeneous network)로 표현됨



[그림 3-166] LTE-R과PS-LTE 네트워크의 이종망네트워크 구축 형태

. 일반적인 heterogeneous network의 경우 macro-cell의 기지국이 강한 출력파워를 가지며 pico-cell의 기지국이 작은 출력파워를 가지게 되어 pico-cell이 강한 간섭신호를 겪게 됨. 이때, macro-cell이 aggressor, pico-cell이victim인 관계가 성립함.



[그림 3-167] Homogeneous/Heterogeneous Network 구조

. LTE-R 기지국의 경우 PS-LTE 기지국과 동일한 출력파워를 가지게 되므로 전통적인 heterogeneous network 환경과는 다른 간섭시나리오를 가지게 됨.

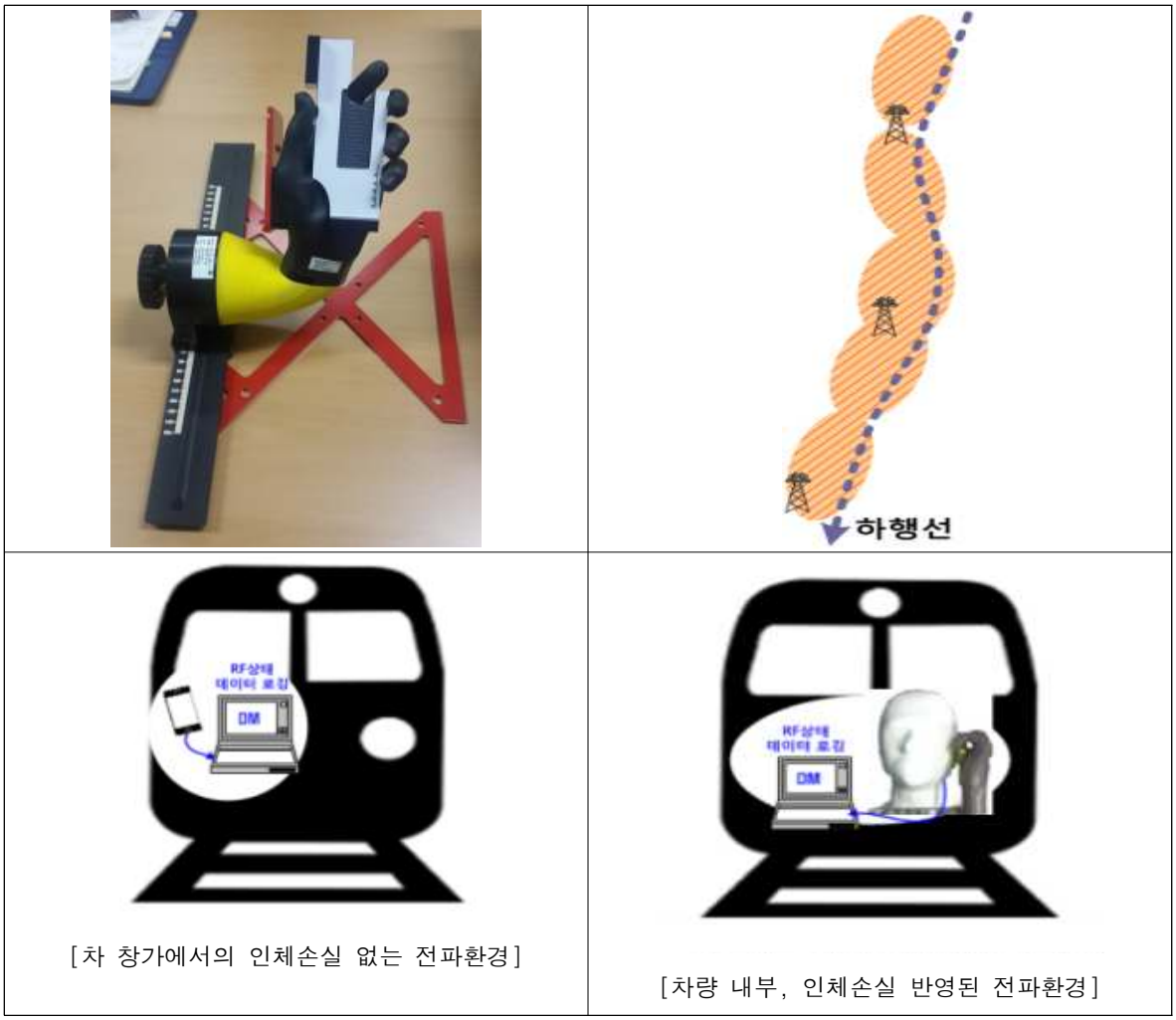
. LTE-R 단말이 받는 간섭 시나리오는 1) 물리적으로는 overlay 형태이나 실제로는 일반적인 homogeneous 환경과 2) Homogeneous 환경의 intercell-interference임.

. PS-LTE 단말이 받는 간섭 시나리오는 1) 철도망과 원거리에 위치한 단말의 경우 일반적인 homogeneous 환경과 2) 철도망과 근거리에 위치한 단말의 경우 Heterogeneous 환경(Aggressor: LTE-R의eNB, Victim: PS-LTE 단말)임.

- 고객체감품질 관점에서의 무선채널 측정 분석

. LTE-R 휴대단말에 대하여 in-car penetration loss 와 핸드팬텀을 이용한 body loss를 반영한 전파품질에 대하여 측정하고 분석하였음. (KTX 오송-정읍 구간 시험차량 측정)

. 고객 체감품질 관점에서의 LTE-R 무선망설계 전파전파 모델 반영요소를 분석하였음.



[차 창가에서의 인체손실 없는 전파환경]

[차량 내부, 인체손실 반영된 전파환경]

[그림 3-168] 철도망과 방송망 주파수 간섭 시나리오

- RAN-Sharing을 이용한 간섭완화 방안

. Radio Access Network (RAN) sharing은radio access 장비의 공유를 통해 동일 site의 구축비용을 절감하는 기술임

. RAN-sharing을 이용하면 PS-LTE나 LTE-R 단말이 상대방의 네트워크 신호가 강한 지역에 위치하고 있을 때 해당 기지국에 접속을 허가함으로써 간섭신호가 아닌 서비스 신호로 활용할 수 있게 됨

. RAN-sharing은 구축방식에 따라 다양한 방식이 존재함

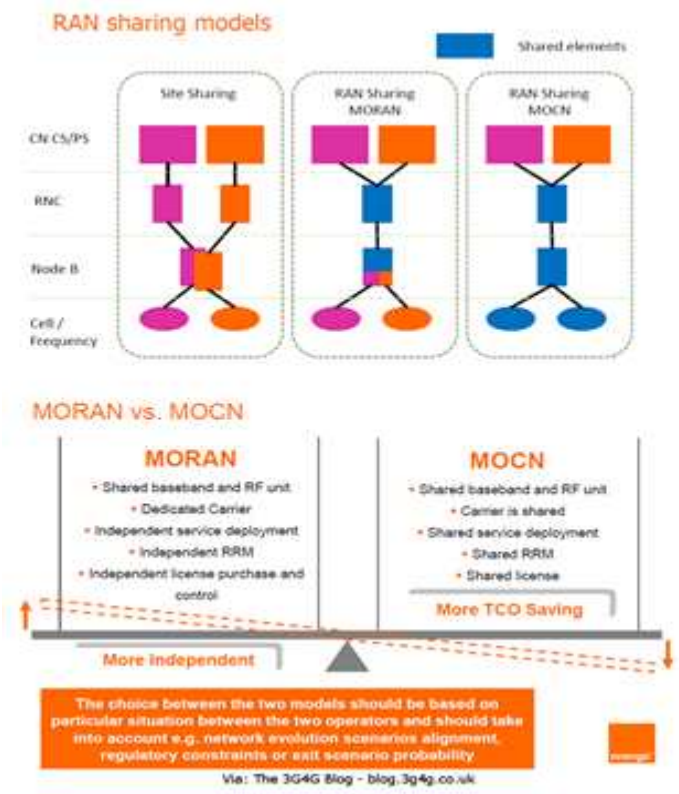
1) Site-Sharing: 동일 위치의 송신타워를 공유하여 구축비용을 절감하는 방식으로 동일 주파수와 무선커버리지를 전개할 경우 간섭제어의 효과는 없음

2) MORAN (Mobile Operator Radio Access Network): 다수의 통신사업자가 기지국의 신호처리와 backhaul 네트워크를 공유하는 방식으로 RF처리부와 무선주파수는 구분하여 사용함

3) MOCN (Multi-Operator Core Network): 다수의 통신사업자가 무선주파수를 포함한 기지국, backhaul 네트워크를 모두 공유하는 방식으로 이경우 상호 네트워크 간에 간

섭시나리오가 존재하지 않음

4) 무선주파수자원까지 공유하는 RAN-sharing 정책의 경우 무선에서의 간섭신호 문제에서 자유롭고 망구축 비용 절감된다는 장점이 있으나, 민감한 안전관련 정보에 대하여 보안 이슈 해결 필요하고 용량의 한계로 우선순위 정책수립 필요함



[그림 3-169] RAN-Sharing 구현 방식

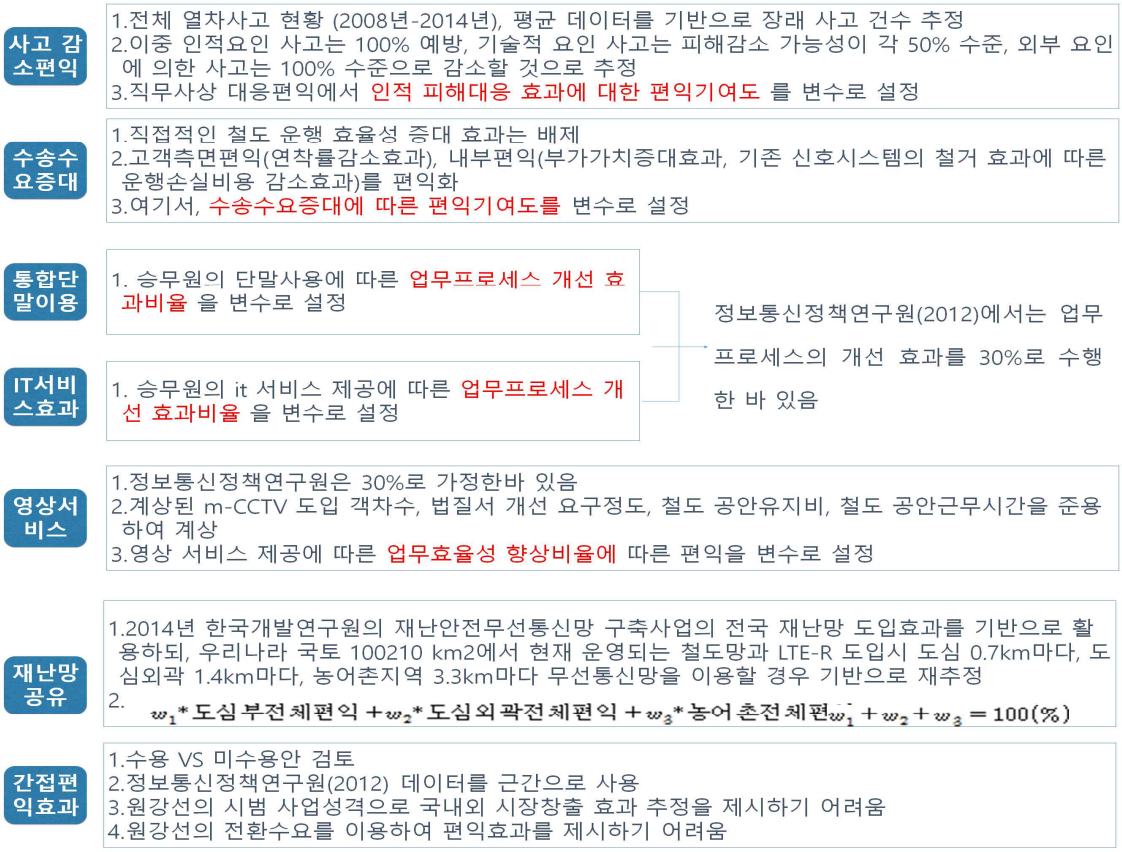
○ 간섭영향을 분석하고 완화하기 위한 방안을 연구한 결과 다음과 같은 결과를 도출하였음.

- 기본적으로 전파화경 시험을 기반으로 전파세기 조정, 안테나 각도 조절 등의 방법을 강구하여 최적화를 시도함.
- 대도심 역사 등 불가피한 경우에는 RAN Sharing 방법을 검토하여 운용 가능성을 사업자와 함께 적용 방안을 모색함. (4세부 주관)
- CoMP를 적용하는 경우, 경계부분에서 throughput 개선효과가 있음.

○ 철도통신망 신규 구축 비용. 편익 등의 경제성 분석

- 경제성 분석시 다음 사항을 주요 전제로 하였음.
  . 사회적 할인율: 5.5% (한국개발연구원)
  . 분석 기준연도: 2021년
  . LTE-R 이용 및 유지관리 분석기간: 10년 (2021년-2030년)
  . 통신 인프라 구축 주기: 10년
  . 단말기 내구연한: 5년
  . 유지보수율: 10% 적용

- 경제성 분석 연구에서 사용한 편익지표는 다음과 같음



[그림 3-170] 기존 경제성 분석에서 활용한 편익지표

- 기존 연구는 신원주-강릉구간에 대하여서만 경제성 분석을 실시한 반면에, 본 연구 용역에서는 2016년 12월 말 현재 1세부 연구그룹(서울대학교 산학협력단, ㈜에이알텍)에서 제시하고 있는 KRTCS 레벨 2에 따른 한국형 열차제어시스템 실용화 확대 계획을 반영한 전국단위 경제성 분석을 실시하였음.
- 이를 위한 전국단위 철도노선계획, 역정보, 철도운영계획 DB를 구축하고 이를 반영한 경제성분석 시뮬레이터 개발을 추진하였음.
- 간접편익 요소인 국내외 시장창출 편익을 반영하고, 환경비용 절감편익의 경우 편익기여율 지표를 도입하여 이를 고려한 간접편익화를 수행하였음.
- LTE-R 통신방식이 미구축시에 대한 do-nothing 대안을 VHF통신방식, TRS통신방식을 두가지 형태에 대한 비교대안에 대한 평가를 진행하였음.
- 연구에서 평가기간을 10년으로 고정하여 평가를 진행하였음. 이를 통하여 단일화된 시나리오하에서 무선통신서비스의 구축에 따른 경제성 분석값을 제시하였고 의사결정자를 이를 기반한 일관성있는 의사 결정과정을 수행하도록 지원하고자 하였음.

- LTE-R 도입계획에 따른 연도별 전국 적용 시나리오

. 공간적 범위 : 전국

. 구축 대안 : 2가지(VHF 통신방식으로 구축할 경우를 대신하여 LTE-R을 구축할 경우, TRS 통신방식으로 구축할 경우를 대신하여 LTE-R을 구축할 경우)

. 분석 시나리오: 편익기여율(5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%)

- 철도통신망 적용 노선 비용 조사

. 한국철도시설공단에서 산출한 인프라 구축 계획 및 단말기 비용을 근거로 함.

- LTE-R의 철도망 적용 계획

. 본 연구에서는 현재 “한국형 열차제어시스템 실용화 확대를 위한 종합계획 수립용역”에서 진행하는 결과를 준용하여 계획을 수립하였음.

- 도입 타당성 분석을 위한 효율성 지표

. 경제성 분석을 통한 도입타당성 분석을 위한 효율성 지표로 편익/비용비(Benefit/Cost Ratio, B/C), 순 현재가치(Net Present Value)의 지표를 이용하여 경제성 타당성 여부를 판단하는 근거로 삼았음.

. 경제적 타당성을 평가하기 위해서는 첫 번째 비용편익비율(Benefit Cost Ratio: B/C ratio), 즉 총편익과 총비용의 할인된 금액의 비율(장래에 발생될 비용과 편익을 현재가치로 환산하여 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 값)을 구하는데 통상 비용편익비율이 1.0 이상이면 경제성이 있다고 판단함

. 분석기간은 사업기간을 포함하여 사업을 통해 얻은 산출물이 유효하게 사용되어 효과를 얻을 수 있는 기간을 적용하게 됨. 일반적으로 분석기간은 사업산출물의 수명기간을 적용하는데, 정보시스템은 기술발전속도 등에 비추어 산출물 수명이 길지 못하고 사업소요 장비 유형도 다양하고, 내구연한도 다양하여 한 가지 기준이 제시되기 쉽지 않았음

. 사업의 성격에 적합한 편익항목을 사업의 목적과 내용에 적합하게 구체화한 후 이에 대한 화폐가치화를 통해 편익을 추정하는데, 화폐가치화를 위해 해당 사업이 발생시키는 효과의 원단위와 사업이 발생시키는 효과의 양을 이용함

[표 3-96] 인프라 구축 계획 및 단말기 비용 산정

연도	신규 LTE-R 구축연장(㎞)	VHF방식 (원)	TRS방식 (원)	LTE-R방식 (원)
2021	417	78,947,996,856	90,103,934,964	151,694,616,421
2022	377	71,280,385,650	81,352,833,367	136,961,686,049
2023	527	99,830,404,657	113,937,182,030	191,819,115,681
2024	395	74,763,942,346	85,328,642,487	143,655,165,527
2025	829	157,006,172,164	179,192,309,989	301,679,485,367
2026	649	122,927,900,140	140,298,525,113	236,199,794,826
2027	569	107,649,474,849	122,861,144,893	206,843,066,900
2028	421	79,629,562,296	90,881,810,661	153,004,210,232
2029	484	91,689,484,118	104,645,888,976	176,176,745,163
2030	500	94,642,934,360	108,016,683,665	181,851,651,676

- 전국단위 계획의 비용 및 편익을 추정하였음

. 총 비용 및 연차별 투입액 추정시 유지보수요율은 10%로 가정하고 연 유지보수비는 아래와 같이 산정하였음. 연 유지보수비 = 기 구축비 x 유지보수요율임. 여기서, 기 구축비는 1년의 무상 유지보수기간을 고려할 경우 구축 1년후부터 기구축비의 유지보수요율을 반영하였음 결과는 아래 표와 같음

[표 3- 97] 통신방식에 따른 초기 인프라 구축비용

연도	신규 LTE-R 구축연장 (km)	VHF방식 (원)	TRS방식 (원)	LTE-R방식 (원)
2021	417	-	-	-
2022	377	7,894,799,686	9,010,393,496	15,169,461,642
2023	527	15,022,838,251	17,145,676,833	28,865,630,247
2024	395	25,005,878,716	28,539,395,036	48,047,541,815
2025	829	32,482,272,951	37,072,259,285	62,413,058,368
2026	649	48,182,890,167	54,991,490,284	92,581,006,905
2027	569	60,475,680,181	69,021,342,795	116,200,986,387
2028	421	71,240,627,666	81,307,457,284	136,885,293,077
2029	484	79,203,583,896	90,395,638,350	152,185,714,100
2030	500	88,372,532,307	100,860,227,248	169,803,388,617

. 앞에서 산정한 인프라 비용 및 단말기 비용에 대한 VHF대비 총 비용 차이는 아래와 같음.

[표 3- 98] LTE-R 구축시 VHF대비 총비용 차이 (단위: 억원)

연도	구축 비용 차이	단말기 비용차이	유지보수비용차이	총비용 차이
2021	727.47	150.70	-	878.17
2022	656.81	29.02	72.75	758.58
2023	919.89	80.25	138.43	1,138.57
2024	688.91	43.83	230.42	963.16
2025	1,446.73	106.94	299.31	1,852.98
2026	1,132.72	65.21	443.98	1,641.91
2027	991.94	18.66	557.25	1,567.84
2028	733.75	60.87	656.45	1,451.06
2029	844.87	17.84	729.82	1,592.53
2030	872.09	88.87	814.31	1,775.27

. 앞에서 산정한 인프라 비용 및 단말기 비용에 대한 TRS대비 총 비용 차이는 아래와 같음.

[표 3- 99] LTE-R 구축시 TRS 대비 총비용 차이 (단위: 억원)

연도	구축 비용 차이	단말기 비용차이	유지보수비용차이	총비용 차이
2021	615.91	76.69	-	692.60
2022	556.09	12.32	61.59	630.00
2023	778.82	39.18	117.20	935.20
2024	583.27	20.08	195.08	798.42
2025	1,224.87	53.06	253.41	1,531.34
2026	959.01	27.26	375.90	1,362.17
2027	839.82	6.15	471.80	1,317.76
2028	621.22	26.77	555.78	1,203.78
2029	715.31	5.40	617.90	1,338.61
2030	738.35	40.80	689.43	1,468.58

[표 3-100] 본 과제 수행시 적용하는 편익 구조

구분			세부항목		설명
직접편익	열차제어 데이터 서비스	철도 사고의 예방 및 대응	• 철도 사고 예방	물적피해 감소	(benefit 1) 사고의 감소효과기반 계량화 (인적요인, 기술적요인, 외부요인)
				인적피해 감소	
			• 철도사고 대응	물적피해 감소	
				인적피해 감소	
				진행형 사고피해감소	
		철도운행 효율성 증대	•고객관점	고객 기회비용 감소	(benefit 2) 수송효율성 증대에 따른 효과 계량화
			•내부프로세스 관점	수송역량증대	
				유지비용감소	
				운영지연감소	
	음성통화 서비스	맞춤형 음성통화	•고객관점	고객 기회비용 감소	(benefit 3) 승무원의 통합 단말 이용에 따른 업무 품질 및 프로세스 향상 효과 계량화
				서비스 품질의 고도화	
				서비스 범위의 고도화	
			•내부프로세스 관점	업무프로세스시간감소	
				업무품질강화	
	데이터서비스	고부가치 데이터	•고객관점	고객 기회비용 감소	(benefit 4) 승무원 IT서비스 (티켓팅 등) 제공 부가 편익 계량화
				서비스 품질의 고도화	
				서비스 범위의 고도화	
			•내부프로세스 관점	업무프로세스시간감소	
				업무품질강화	
	영상서비스	영상정보 활용	•고객관점	고객 영상정보 서비스 편익	(benefit 5) 영상서비스 제공에 따른 부가 편익 계량화
			•내부프로세스 관점	영상 상황관제 효율성 향상	
				대체시스템 유지보수 비용감소	
	인증 및 보안	신뢰성 있는 통신 인증 및 보안	•고객관점	고객 기회비용 감소	인증과 보안과 직접적인 편익 요소 부재하기 때문에 계량화 하지 않음
				서비스 품질의 고도화	
				서비스 범위의 고도화	
			•내부프로세스 관점	업무품질의 신뢰성	
	재난망 공유	효과적인 재난 대응	•고객관점	고객 기회비용 감소	(benefit 6) 재난서비스 제공시 공통인프라 활용시 비용 및 편익 계량화
				서비스 품질의 고도화	
				서비스 범위의 고도화	
			•사회전체관점	대체 시스템 구축 비용 감소	
간접편익	국내외 시장 창출		• 국내 LTE-R 기술의 국산화율 증대		(benefit 7)시장창출효과
			• 해외 LTE-R 기술의 점유율 확대		
	환경개선		• 에너지절감	전력소비 감소/TOE 감축	(benefit 8) 환경개선
			• 환경오염감축	CO2감축/대기오염물질 감축	

- 경제성 분석을 통하여 도출된 효과

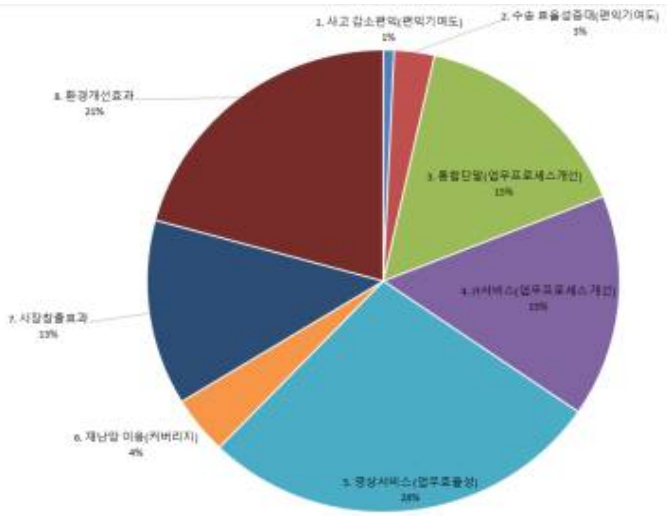
. 사고감소효과 기반 계량화
. 수송효율성 증대에 따른 효과 계량화
. 승무원의 통합 단말 이용 효과 계량화
. 승무원 IT서비스 (티켓팅 등) 제공에 따른 편익 계량화
. 영상서비스 제공에 따른 부가 편익 계량화
. 재난대처 상황의 편익화
. 국내외 시장창출효과 분석
. 환경개선 효과 분석

- 편익 분석결과

. 8가지의 편익의 세부 구성 비율
. 전체 평기의 34%가 간접 편익 :

28%는 영상서비스 편익, 15% IT서비스 편익, 15% 통합단말 서비스 편익

. 기타 수송효율성 증대 및 사고 감소 편익 존재



[그림 3-171] 8가지의 편익의 세부 구성 비율

- 경제성 분석 결과

. LTE-R 구축시 VHF 대비 총 비용 차이를 산정하였음

VHF 통신방식으로 구축할 경우 대비 LTE-R 구축할 경우 편익기여율에 따른 경제성분석 결과는 다음과 같음. BCR은 1.24 이상임.

[표 3-101] VHF 대비 LTE-R 시스템의 경제성 분석

구분	5%	10%	15%	20%	25%	30%
편익 (억원)	12,990.83	14,663.52	16,336.21	18,008.90	19,681.59	21,354.28
비용 (억원)	10,461.17	10,461.17	10,461.17	10,461.17	10,461.17	10,461.17
BCR	1.24	1.40	1.56	1.72	1.88	2.04
NPV (억원)	2,529.67	4,202.36	5,875.05	7,547.73	9,220.42	10,893.11

. LTE-R 구축시 TRS 대비 총 비용 차이를 산정하였음. TRS 통신방식으로 구축할 경우를 대신하여 LTE-R을 구축할 경우에 편익기여율에 따른 경제성 분석 결과는 다음과 같음. BCR은 1.5 이상임.

[표 3-102] TRS 대비 LTE-R 시스템의 경제성 분석

구 분	5%	10%	15%	20%	25%	30%
편익 (억원)	12,990.83	14,663.52	16,336.21	18,008.90	19,681.59	21,354.28
비용 (억원)	8,650.79	8,650.79	8,650.79	8,650.79	8,650.79	8,650.79
BCR	1.50	1.70	1.89	2.08	2.28	2.47
NPV (억원)	4,340.04	6,012.73	7,685.42	9,358.11	11,030.80	12,703.49

- LTE 기반 철도통신망의 경제성을 분석한 결과를 요약하면 아래와 같음.

. LTE-R 무선통신 서비스의 효과에 대하여 ICT 서비스만의 편익과 비용을 산출하기 위하

여, 편익 항목을 산정하고 LTE-R 의 비교대안인 VHF와 TRS 방식과의 비용 및 편익 차이를 통하여 경제성 분석을 실시하였음.

. 실제 무선통신망을 통한 편익의 기여율을 파악하기 어렵기 때문에 이를 5%~30%로 가정하여 각각을 분석한 결과 ICT 서비스의 편익기여율이 5%이상이 되더라도 VHF 대비하여서는 B/C가 1.24, TRS 대비하여서는 1.50정도로 추정하였음.

. 향후 무선통신 서비스 시스템의 경제성 분석 결과의 경우, 직접편익 효과와 관련된 편익 기여율에 대한 추정 및 검증이 중요하고, 전국으로 확대 적용시에 간접편익의 효과가 증대될 것이므로, 이에 대한 정책수립 및 시스템 설치기관의 적절한 설정이 필요함.

4. 4차년도 연구수행 내용 및 성과

4.1 주요 연구 내용

○ LTE 기반 철도통신시스템 시험규격 개발

○ 철도 무선통신 기존 통신망 연동 규격 개발

○ KRS 표준 제안 (LTE 철도통신 휴대/차상) 단말

○ 철도통신기술 국제표준화 추진

○ 철도전용 최적화 운영 분석서 개발

4.2 주요 성과

○ LTE 기반 철도통신시스템 시험규격 개발

- 시험규격 개발 추진 작업

(1) 시험규격 개발 경위

철도통신시스템 표준 개발을 위하여 2017년 2월 PG905 산하에 철도통신실무반(WG9051) 신설하고, 전반적인 철도통신시스템 표준화를 추진함

(2) 시험규격 개발 회의

TTA WG9051에서는 시험규격 개발을 위하여 금년에 4월부터 9월까지 7차에 걸쳐서 대면 회의를 진행하였음.

번호	회의차수	회의일정	회의장소	회의구분/종류
1	제1차	4월7일	TTA 9-A 회의실(9층)	정기회의/대면회의
2	제2차	4월21일	한국철도시설공단 602호	정기회의/대면회의
3	제3차	6월12일	KT 우면연구소 2층 회의실	정기회의/대면회의
4	제4차	7월14일	SKT 타워 19층 A회의실	정기회의/대면회의
5	제5차	8월10일	ETRI 12연구동 713 회의실	정기회의/대면회의
6	제6차	8월31일	TTA 제3회의실(지하1층)	정기회의/대면회의
7	제7차	9월12일	한국철도시설공단 704호	정기회의/대면회의

- 시험규격 내용

(1) 시험규격 개요

LTE 기반 철도 무선통신 시스템을 위한 요구사항(사용자 요구사항, 기능 요구사항, 시스템 요구사항, 시스템 구조 규격)이 요구항목 검증을 위한 절차를 마련할 필요가 있어 TTA 표준으로 제안하였다. 배경으로는 철도시설공단은 국책연구 '일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화 연구'를 수행함으로써, 기능시험에 대한 기반 마련되었으나 성능에 대한 시험기준 정비가 필요할 것으로 예상되어 철도시설공단 성능시험을 표준화 할 것을 제안하였다. 또한 시험규격을 표준으로 제안함으로서 TTA 규격의 활용 및 일관성 유지를 위한 체계를 마련하였음.

요구사항에 명시된 성능을 기준으로 시험 항목을 선정하였으며, 철도시설공단이 노선의 LTE 기반 철도 무선통신 시스템을 구축한 후 최종 인수시험(Acceptance Test)를 종단 간 성능시험 (End-to-end Performance)으로 실시하는 것을 기준으로 시험절차를 작성하였음.

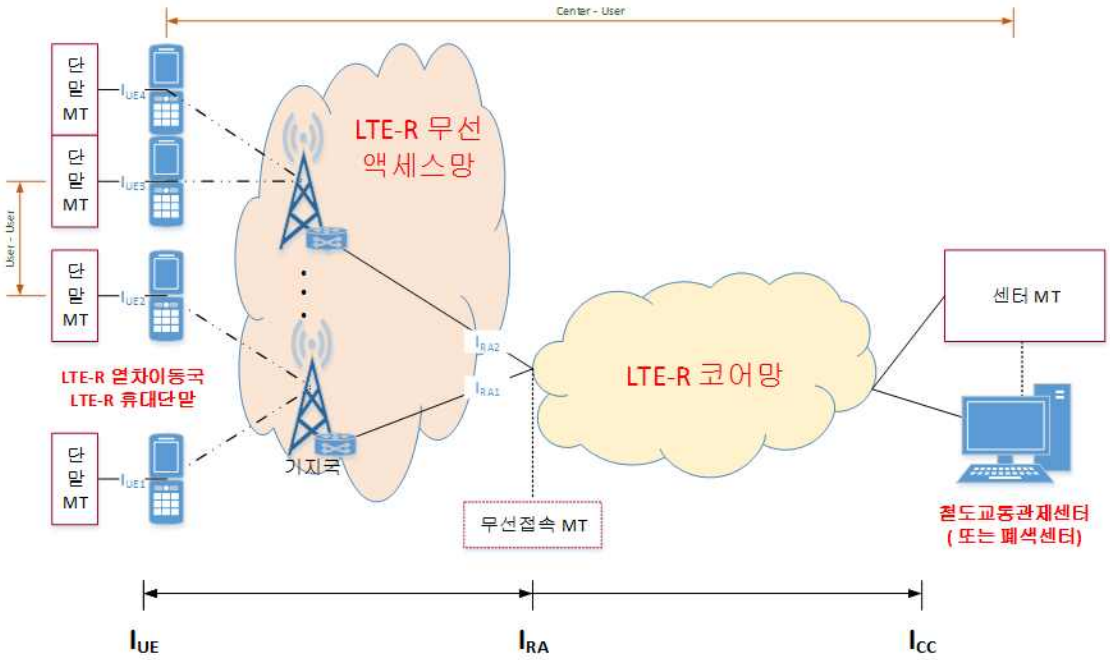
성능시험 항목은 무선 환경, 음성통화, 열차제어 데이터를 포함하는 데이터 통신을 기준으로 구분하여 정리하였음.

(2) 시험규격 주요 내용

(가) 시험항목 요약

분류		항목		세부항목		비고
6	무선 환경시험	6.1	무선 커버리지	6.1.1	선로 주변	
		6.2	RF 수신신호 레벨	6.2.1	열차이동국	
				6.2.2	휴대단말	
		6.3	핸드오버	6.3.1	RRU간 핸드오버	
				6.3.2	DU간 핸드오버	
		6.4	데이터 전송 용량 (Throughput)	6.4.1	다운링크	
				6.4.2	업링크	
7	음성통화 시험	7.1	VoLTE 시험	7.1.1	통화 접속 시간	
				7.1.2	호 접속 성공률	
		7.2	PTT 시험	7.2.1	통화 접속 시간	
				7.2.2	호 접속 성공률	
				7.2.3	PTT 통화 우선순위 제어	
8	데이터 통신 시험	8.1	열차제어 데이터	8.1.1	데이터전송지연시간	
				8.1.2	데이터 수신 성공률	
		8.2	영상 데이터	8.2.1	데이터전송지연시간	
				8.2.2	데이터 수신 성공률	
		8.3	데이터서비스(QoS) 우선순위 제어			

(3) 시험형상



[그림 3-172] 철도통신시스템 시험 형상도

(4) 무선 환경시험

① 무선 커버리지

항목		세부항목		정의 및 기준	비고
6.1	무선 커버리지	6.1.1	선로 주변	액세스망 임의의 위치에서 휴대단말이 수신하는 전력 세기를 측정함. - 휴대단말에서 측정된 값들은 RSRP -110dBm 이상이 98% 이상이어야 함.	Single Cell 경우 RSRP로 통일 보행 이동환경
6.2	RF 수신신호 레벨	6.2.1	열차이동국	선로 상에서 이동 중 RF 수신신호 레벨(RSRP)을 측정함. - 열차이동국에서 측정된 값들은 RSRP -95dBm 이상이 98% 이상이어야 함.	고속 이동환경
		6.2.2	휴대단말	선로 변과 열차 내에서 휴대단말의 RF 수신신호 레벨(RSRP)이 판정기준 이상을 유지하는 범위를 측정함. - 휴대단말에서 측정된 값들은 RSRP -110dBm 이상이 98% 이상이어야 함.	고속 이동환경

※ 무선 수신 감도에 대한 근거
A. 수신감도에 대한 근거 3GPP TS36.304 **"E-UTRA; UE procedures in idle mode"** 규격에서 제시하는 음성 및 데이터 서비스를 제공하는 휴대 단말의 수신 감도는 -110dBm 으로 정의하고 있으며 이동성

은 300Km/h 를 가정하고 수신 안테나를 빼고 안테나 단자에서 측정을 가정함.
열차 데이터의 경우는 MC Critical 데이터로 3GPP TS 22.203 V13.10.0 (2016-12) “Technical Specification Group Services and System Aspects; Policy and charging control architecture (Release 13)” 에서 10^{-6} 으로 제시하고 있다.

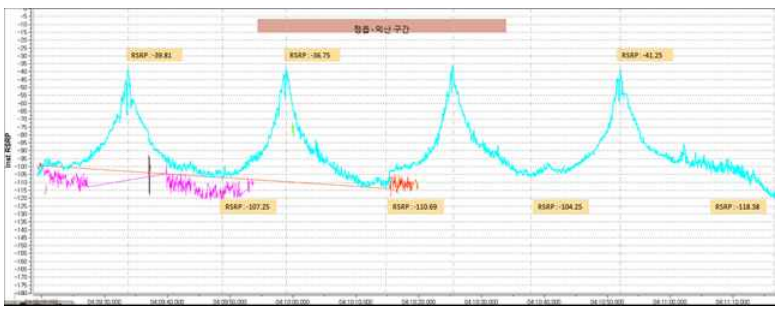
B. 휴대 단말에서의 수신 감도와 성능 기준

열차가 고속 주행하는 상태에서 휴대 단말의 수신 신호 레벨은 측정하는 위치에 따라 변화하므로 열차의 객실 복도의 중앙 지점을 측정 지점으로 정함. 휴대 단말에서 수신 신호레벨이 -110dBm 기준으로 패킷 성공률은 98% 이상이어야 함. 이것은 수신 신호레벨이 -110dBm 에서 패킷 수신 성공율이 98% 이며 2% 호 단절 또는 패킷 손실의 발생을 의미함.



[그림 3-173] 열차 객실에서 시험 측정지점

[그림 3-18]은 익산-정읍 구간에서 시험 결과로 기지국 출력이 40Watt, RU 안테나가 14dB$_i$ RU가 1km 구간마다 설치되었고 고속 이동하는 환경에서 측정한 수신신호 레벨을 나타냄. 수신 신호는 -36~-118dBm에서 변화하며 평균값은 -80dBm 정도이며 패킷 수신율은 98% 이상임.

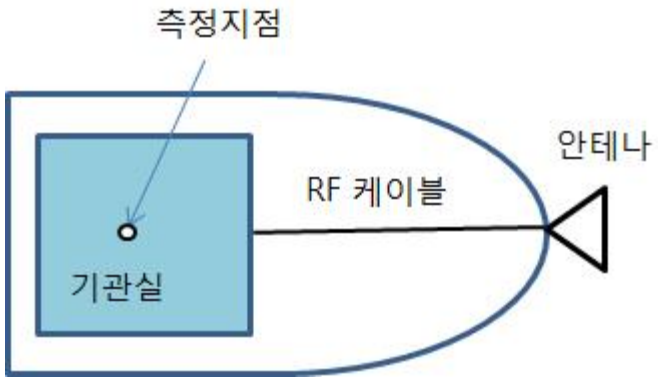


[그림 3-174] 익산-정읍 구간에서의 다운링크의 전파 신호 측정 결과

C. 열차 이동국에서의 수신 감도와 성능 기준

열차가 고속 주행하는 상태에서 열차 이동국의 수신 신호 레벨은 기관실에서 기관사의 근무 위치를 측정 지점으로 정함. 열차가 고속 주행할 때 열차 이동국에서 수신 신호레벨은 -110dBm 에서 99.999% 이상이어야 함. 이것은 수신 신호레벨이 -110dBm 기준으로 패킷 수신 성공율이 99.999% 이며 0.0001% 패킷 에러율은 호 단절이나 패킷 손실이 발생하는

것을 의미함.



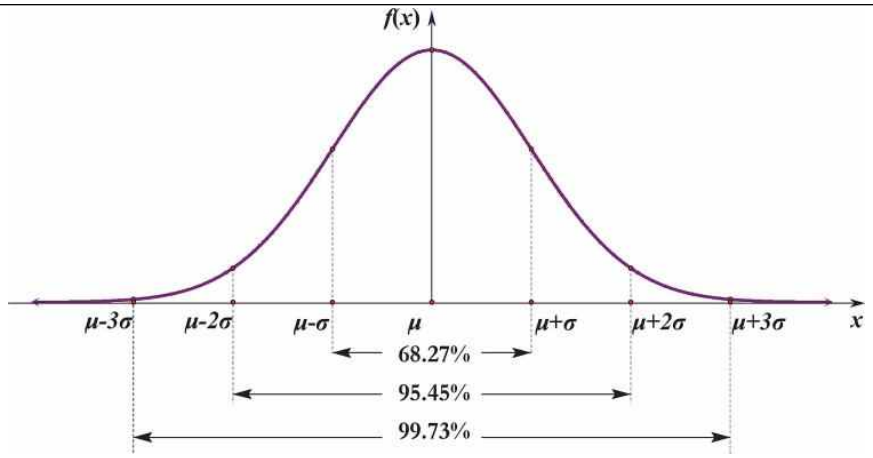
[그림 3-175] 열차 기관실에서 시험 측정지점

※ 이러한 값은 열차의 주행 환경으로 인한 페이딩 손실, 열차 투과 손실과 간섭 신호 영향을 반영한 열차의 휴대 단말과 열차 이동국의 성능 기준으로 추가적인 시험을 통하여 조정이 될 수 있음.

② 핸드오버

항목		세부항목		정의 및 기준	비고
6.3	핸드오버	6.3.1	RRU간핸드오버	기지국내에서 RRU (Remote Radio Unit) 간 발생하는 핸드오버 성공 여부를 확인하는 시험임. - 핸드오버 성공률이 99% 이상 이어야 함. - 핸드오버 지연시간은 평균 300ms 이내 이어야 함.	시스템 요구사항 및 구조표준 성능 기준 고속 이동환경
		6.3.2	DU간핸드오버	기지국 간에 발생하는 핸드오버 성공 여부를 시험함. - 핸드오버 성공률이 99% 이상 이어야 함. - 핸드오버 지연시간은 평균 300ms 이내 이어야 함.	시스템 요구사항 및 구조표준 성능 기준 고속 이동환경

※ 성능 평가 기준
A. 확률 분포 (Gaussian Distribution)



B. 적용하는 신뢰도 확률 분포에서 '이내'의 조건은 비대칭적으로 적용되므로 아래와 같은 기준으로 신뢰도를 결정함.

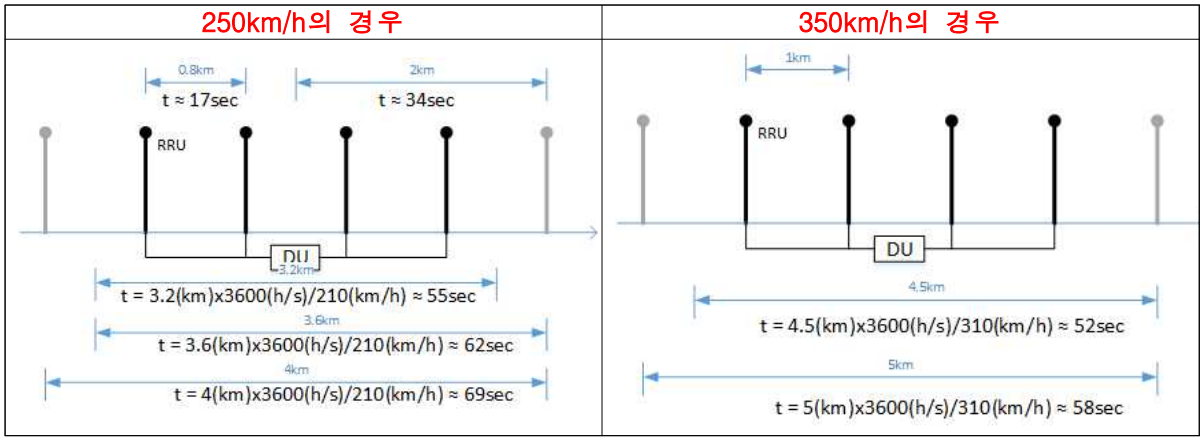
* 1 Sigma = 평균값+1X분산(Sigma) ≃ 95
* 2 Sigma = 평균값+2X분산(Sigma) ≃ 98
* 2.5 Sigma = 평균값+2.5X분산(Sigma) ≃ 99
* 3 Sigma = 평균값+3X분산(Sigma) ≃ 99.9

③ 전송용량

항목		세부항목		정의 및 기준	비고
6.4	데이터 전송용량	6.4.1	다운링크	센터에서 이동 중인 단말들에 전송할 수 있는 음성 및 영상을 포함하는 데이터 전송용량을 시험함. - 단말별 최소값이 2Mbps 이상이어야 함. 단말들 전송률 합산 평균은 17Mbps 이상이어야 함.	시스템 요구사항 성능 기준 고속 이동환경
		6.4.2	업링크	LTE-R 네트워크 내 단말들이 센터로 전송할 수 있는 음성 및 영상을 포함하는 데이터 전송용량을 시험함. - 단말별 최소값이 1Mbps 이상이어야 함. 단말들 전송률 합산 평균은 10Mbps 이상이어야 함. 열차이동국이 사용되는 경우는 최소값이 2Mbps 이상이어야 함.	시스템 요구사항 성능 기준 고속 이동환경

※ 전송용량 산정 기준

A. 전송용량은 기지국 당 평균 전송률을 산정하는 것으로 함. 국내 고속열차 상황을 고려하여 아래와 같은 조건에서 측정 시간을 선정하고 시험함.



* 1 DU에 1km 간격의 4 RRU를 가정함
* 250km/h 고속열차의 경우를 예로 들면, 55초를 측정하고 52초 구간의 값을 평균함.
* 350km/h에도 55초 기준을 적용할 수 있으나 속도별로 같은 기준을 적용할 필요는 없다.
* 310km/h는 속도 편차를 고려한 고속 이동의 최소값 (250km/h의 경우 210km/h)

(5) 음성통화 시험

① VoLTE

항목		세부항목		정의 및 기준	비고
7.1	VoLTE 시험	7.1.1	통화 접속 시간	단말이 네트워크에 등록된 상태에서 VoLTE 기반 호 접속 시도를 하고 응답 메시지를 수신하는데 걸리는 시간을 측정함. - 고속 이동환경에서 active 상태인 단말간의 통화연결은 1000ms 이내에 완료되는 호가 99% 이상 이어야 함.	시스템 요구사항 성능 기준 고속 이동환경
		7.1.2	호 접속 성공률	총 호 접속 시도 횟수 중에서 총 호 성공 횟수(Call Completion Success Rate)를 시험함. - 고속 이동환경에서 시도한 호 접속 성공률은 99% 이상임.	시스템 요구사항 성능 기준 고속 이동환경

※ 규격별 시험 기준 비교

A. GSM-R 및 국내 적용 기준 비교

1	Network Registration: Modem-on 후 Attach 과정 수행 시험 횟수: 100회 이상	등록 시간 분포: (RACH ~ Attach complete) < 500ms, (Modem on ~ attach complete) < 10s GSM-R ≤30s (95%), ≤35s (99%), ≤40s (100%) GPRS < 500ms
2	Signal level 측정: 해당 루트 전체를 돌면서 차상/휴대 단말의 signal level을 일정 시간 주기(100ms ~ 1s) 로측정	RSRP 95% 값: (차상) > -95dBm (휴대) > -106dBm** GSM-R 신호: -95dBm, 기타: -98dBm
3	일반 통화 호 접속: 차상/휴대 단말에서 일반 통화 호 접속 후 5~10초 동안 호를 유지하고 끊음	접속 성공률: > 99% 설정 시간 분포: < 5s (95%), 7.5s (100%) GSM-R < 8.5s (95%), ≤10s (100%)

	시험 횟수: 300~500회 이상	MOS : > 3.0
4	일반 통화 장시간 접속: 차상/휴대 단말에서 해당 루트를 돌면서 일반 통화 호를 연결한 상태로 유지 시험 시간: 100h 이상	절단률: < 0.01drop/h HO 지연 시간(99%): < 60ms GSM-R < 500ms HO 성공률: > 99%
5	긴급 통화 호 접속: 차상/휴대 단말에서 긴급 통화 접속 후5~10초 동안 호를 유지하고 끊음 시험 횟수: 300회 이상	접속 성공률: > 99% 설정 시간 분포: < 2s (100%)
6	PTT 호 접속: 차상/휴대 단말에서PTT 호 접속 후5~10초 동안 호를 유지하고 끊음 시험 횟수: 300회 이상	접속 성공률: > 99% 설정 시간 분포: < 5s (95%), 7.5s (100%)
7	다자간 통화 호 접속: 휴대 단말에서 다자간 통화 호 접속 후5~10초 동안 호를 유지하고 끊음 시험 횟수: 300회 이상	접속 성공률: > 99% 설정 시간 분포: < 5s (95%), 7.5s (100%) GSM-R < 8.5s (95%), ≤10s (100%)
8	FTP data 전송: 차상/휴대 단말에서FTP 서버에 접속하여 50MB 파일을 다운로드 하거나10MB 파일을 업로드 수행 시험 횟수: 다운/업 각100회 이상	Throughput : (정지DL) > 11M (T), 3M (P) (정지UL) > 4M (T), 2M (P) (이동DL) > 4M (T), 2M (P) (이동UL) > 3M (T), 1M (P)
9	Video call 호 접속: 휴대 단말에서 Video call 호 접속 후5~10초 동안 호를 유지하고 끊음 시험 횟수: 300회 이상	접속 성공률: < 5s (95%), 7.5s (100%) GSM-R < 8.5s (95%), ≤10s (100%)
10	SMS 송수신: 차상/휴대 단말에서 단문 SMS를 송신하고 수신 여부 확인 시험 횟수: 300회 이상	송신 성공률: 100% 수신 성공률: 100%
11	ping data 전송: 차상에서 특정 서버에 6000 byte ping을 500ms 마다 전송 시험 횟수: 10000회 이상	RTT 분포: < 500ms (99%) ping 절단 시간< 5s

B. EIREINE FRS(기능요구규격) V.8.0.0 (21 Dec. 2015)

Call type	Call set-up time	
Railway emergency calls	<4s	(M)
High priority group calls	<5s	(M)
All operational and high priority mobile-to-fixed calls not covered by the above	<5s	(O)
All operational and high priority fixed-to-mobile calls not covered by the above	<7s	(O)
All operational mobile-to-mobile calls not covered by the above	<10s	(O)
All other calls	<10s	(O)

* 신뢰도 95% 기준

C. TTAK.KO.06.0370 (사용자 요구사항)

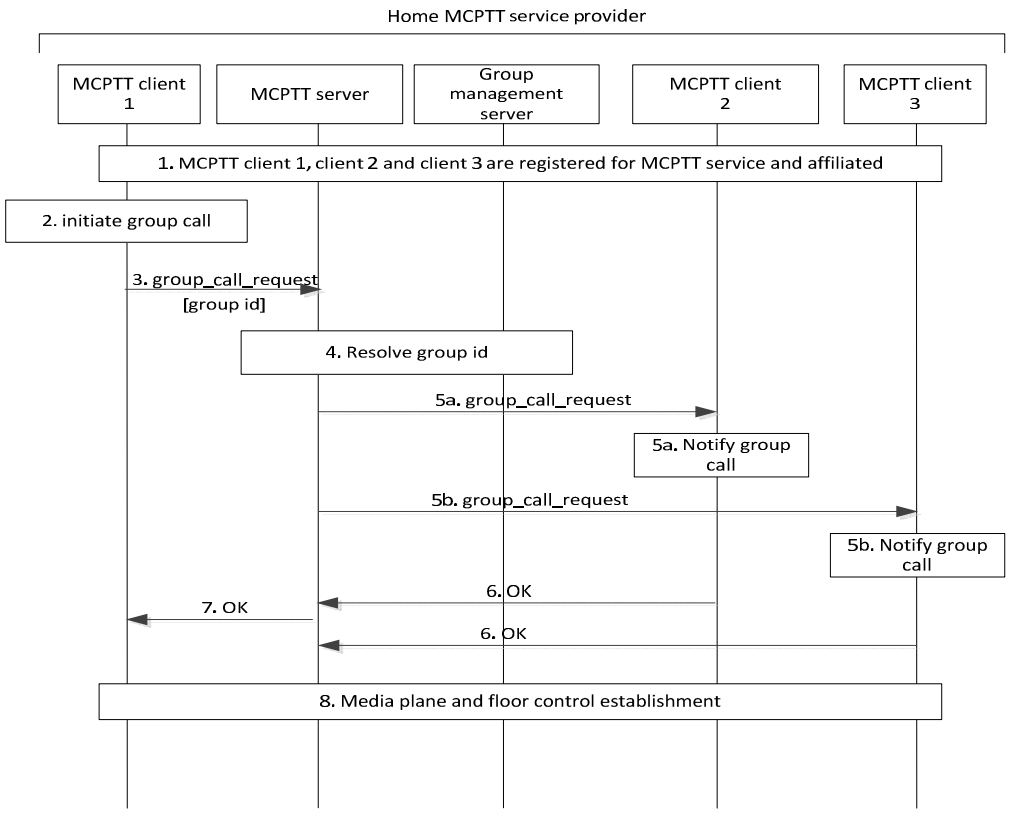
항목	내 용	시간	비고
통 화 설 정	철도 긴급 통화	< 1초(90%), < 2초(100%)	* 외 부 P S T N 연결은 고려
	방송 및 그룹통화	< 1초(90%), < 2.5초	

시간		(100%)	하지 않음
	상기사항에 의해 해당되지 않는 모든 음성/영상통화*	< 3.5초(90%), < 5초 (100%)	

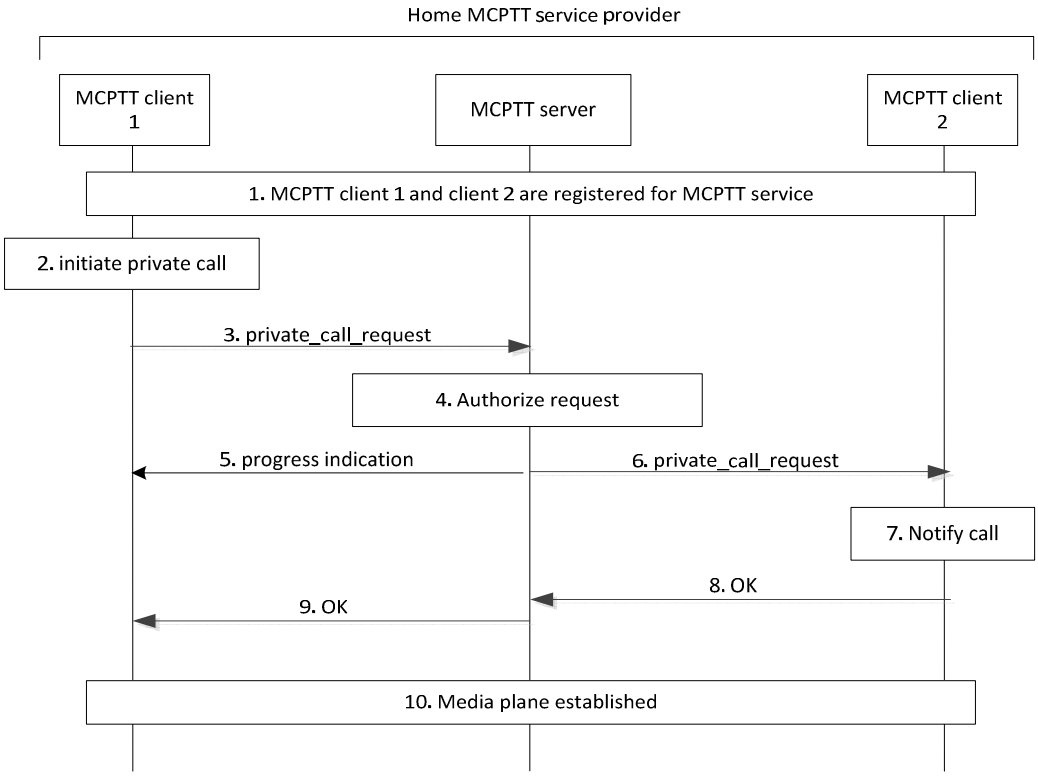
② PTT

항목		세부항목		정의 및 기준	비고
7.2	PTT 시험	7.2.1	통화 접속 시간	PTT 통화 호 접속 시도를 하고 응답 메시지를 수신하는데 걸리는 시간을 측정하는 시험임. PTT 호의 시험 시 1) 1) 그룹통화 접속 시도 시간, 2) 그룹 멤버들로의 Invite 전송 3)그룹 멤버(최초 수신자)들의 조인까지 완성된 경우로 정의함. - 휴대단말이 PTT 버튼을 누르고 LTE 기반 철도 통신망으로부터 긴급통화를 할 수 있다는 응답을 수신하는 시간(KPI 1)이 300msec이내인 호가 99% 이상임. 동일 네트워크에서 종단간 접속시간(KPI 2)은 1000msec이내에 접속되는 호가 99%임. 긴급통화가 아닌 경우 95% 신뢰도를 적용함.	시스템 요구사항 성능 기준 고속 이동환경
		7.2.2	호 접속 성공률	PTT 통화 접속을 시도하여 접속 성공률을 확인하는 시험임. PTT 호의 시험 시 1) Group Call Initiate 시간, 2) 그룹 멤버들로의 Invite 전송 3)그룹 멤버(최초수신자)들의 조인까지 완성된 경우로 정의함. - 고속 이동환경에서 시도한 호 접속 성공률은 99% 이상임.	시스템 요구사항 성능 기준 고속 이동환경

※ PTT 시험을 위한 흐름도 적용 기준
A. 적용 규격: 3GPP, TR 22.179, Study on application architecture to support Mission Critical Push To Talk over LTE (MCPTT) services V13.0.0, 2015-09



Pre-arranged group call setup



Private call setup - automatic commencement mode

③ PTT 통화 우선순위 제어

항목	세부항목	정의 및 기준	비고

7.2	PTT 시험	7.2.3	PTT 통화 우선순위 제어	PTT 에서 우선권이 높은 호가 들어 왔을 때 발언권 제어 메커니즘 상의 우선순위에 따라 호를 처리하는지를 확인하는 시험임. 통화우선순위에 해당하는 통화는 철도긴급통화, 공중긴급통화, 열차운용통화, 일반통화가 해당되며, 발언권 제어는 통화우선순위에 따라 제어되어야 함. - 고속 이동환경에서 통화 우선순위 제어가 성공적으로 수행되었는지 확인함.	고속 이동환경

(6) 데이터 통신 시험

① 열차제어 데이터

항목		세부항목		정의 및 기준	비고
8.1	열차제어 데이터	8.1.1	데이터 전송 지연 시간	데이터 전송지연 시간은 종단간 데이터 프레임의 전송을 요청한 후 성공적으로 전송 되었을 경우의 경과 시간 값을 측정함. - 측정된 전송지연시간(RTT 값의 1/2)이 300msec 이내가 99% 이상 이어야 함.	시스템 요구사항 성능 기준 고속 이동환경
		8.1.2	데이터 수신 성공률	열차가 고속으로 이동하는 환경에서 열차이동국과 폐색센터 간 패킷 데이터를 전송할 때 데이터를 정상적으로 수신할 수 있는 데이터 수신 성공률을 시험함. - 고속 이동환경에서 수신 성공률이 99.99% 이상이어야 함.	시스템 요구사항 성능 기준 고속 이동환경

※ 데이터 시험을 위한 적용 규격

A. 적용 규격: 3GPP TS 23.203 V13.10.0 (2016-12), Technical Specification Group Services and System Aspects; Policy and charging control architecture (Release 13)

QCI	Resource Type	Priority Level	Packet Delay Budget (NOTE 13)	Packet Error Loss Rate (NOTE 2)	Example Services
1 (NOTE 3)	GBR	2	100ms (NOTE 1,NOTE 11)	10-2	Conversational Voice
2 (NOTE 3)		4	150ms (NOTE 1,NOTE 11)	10-3	Conversational Video (Live Streaming)
3 (NOTE 3)		3	50ms (NOTE 1,NOTE 11)	10-3	Real Time Gaming
4 (NOTE 3)		5	300ms (NOTE 1,NOTE 11)	10-6	Non-Conversational Video (Buffered Streaming)
65 (NOTE3,9,12)		0.7	75ms (NOTE 7, NOTE 8)	10-2	Mission Critical user plane Push To Talk voice (e.g., MCPTT)
66 (NOTE3,12)		2	100ms (NOTE 1, NOTE 10)	10-2	Non-Mission-Critical user plane Push To Talk voice
5 (NOTE 3)	Non-GBR	1	100ms (NOTE 1,NOTE 10)	10-6	IMS Signaling
6 (NOTE 4)		6	300ms (NOTE 1,NOTE 10)	10-6	Video (Buffered Streaming), TCP-based (e.g., www, e-mail, chat, ftp, p2p file sharing, progressive video, etc.)
7 (NOTE 3)		7	100ms (NOTE 1,NOTE 10)	10-3	Voice, Video (Live Streaming) Interactive Gaming
8 (NOTE 5)		8	300ms (NOTE 1)	10-6	Video (Buffered Streaming) TCP-based (e.g., www, e-mail, chat, ftp, p2p file sharing, progressive
9 (NOTE 6)		9			

					video, etc.)
69 (NOTE3,9,12)		0.5	60ms (NOTE 7,NOTE 8)	10-6	Mission Critical delay sensitive signaling (e.g., MC-PTT signaling)
70 (NOTE4,12)		5.5	200ms (NOTE 7,NOTE 10)	10-6	Mission Critical Data (e.g. example services are the same as QCI 6/8/9)

NOTE 1: A delay of 20ms for the delay between a PCEF and a radio base station should be subtracted from a given PDB to derive the packet delay budget that applies to the radio interface. This delay is the average between the case where the PCEF is located "close" to the radio base station (roughly 1ms) and the case where the PCEF is located "far" from the radio base station, e.g. in case of roaming with home routed traffic (the one-way packet delay between Europe and the US west coast is roughly 50ms). The average takes into account that roaming is a less typical scenario. It is expected that subtracting this average delay of 20ms from a given PDB will lead to desired end-to-end performance in most typical cases. Also, note that the PDB defines an upper bound. Actual packet delays - in particular for GBR traffic - should typically be lower than the PDB specified for a QCI as long as the UE has sufficient radio channel quality.

NOTE 2: The rate of non-congestion related packet losses that may occur between a radio base station and a PCEF should be regarded to be negligible. A PELR value specified for a standardized QCI therefore applies completely to the radio interface between a UE and radio base station.

NOTE 3: This QCI is typically associated with an operator controlled service, i.e., a service where the SDF aggregate's uplink / downlink packet filters are known at the point in time when the SDF aggregate is authorized. In case of E-UTRAN this is the point in time when a corresponding dedicated EPS bearer is established / modified.

NOTE 4: If the network supports Multimedia Priority Services (MPS) then this QCI could be used for the prioritization of non-real-time data (i.e. most typically TCP-based services/applications) of MPS subscribers.

NOTE 5: This QCI could be used for a dedicated "premium bearer" (e.g. associated with premium content) for any subscriber / subscriber group. Also in this case, the SDF aggregate's uplink / downlink packet filters are known at the point in time when the SDF aggregate is authorized. Alternatively, this QCI could be used for the default bearer of a UE/PDN for "premium subscribers".

NOTE 6: This QCI is typically used for the default bearer of a UE/PDN for non-privileged subscribers. Note that AMBR can be used as a "tool" to provide subscriber differentiation between subscriber groups connected to the same PDN with the same QCI on the default bearer.

NOTE 7: For Mission Critical services, it may be assumed that the PCEF is located "close" to the radio base station (roughly 10ms) and is not normally used in a long distance, home routed roaming situation. Hence delay of 10ms for the delay between a PCEF and a radio base station should be subtracted from this PDB to derive the packet delay budget that applies to the radio interface.

NOTE 8: In both RRC Idle and RRC Connected mode, the PDB requirement for these QCIs can be relaxed (but not to a value greater than 320ms) for the first packet(s) in a downlink data or signaling burst in order to permit reasonable battery saving (DRX) techniques.

NOTE 9: It is expected that QCI-65 and QCI-69 are used together to provide Mission Critical Push to Talk service (e.g., QCI-5 is not used for signaling for the bearer that utilizes QCI-65 as user plane bearer). It is expected that the amount of traffic per UE will be similar or less compared to the IMS signaling.

NOTE 10: In both RRC Idle and RRC Connected mode, the PDB requirement for these QCIs can be relaxed for the first packet(s) in a downlink data or signaling burst in order to permit battery saving (DRX) techniques.

NOTE 11: In RRC Idle mode, the PDB requirement for these QCIs can be relaxed for the first packet(s) in a downlink data or signaling burst in order to permit battery saving (DRX) techniques.

NOTE 12: This QCI value can only be assigned upon request from the network side. The UE and any application running on the UE is not allowed to request this QCI value.

NOTE 13: Packet delay budget is not applicable on NB-IoT or when Enhanced Coverage is used for WB-E-UTRAN (see TS 36.300 [19]).

B. ARP(Allocation & Retention Priority) 적용 사례 (PSCR)

AR Priority	User Groups		Non-GBR		GBR		Remarks
	Home	Visiting	Preempt	Vulnerable	Preempt	Vulnerable	
1			Yes	No	Yes	No	Reserved for Serving Network
2	1st HomeA		Yes	No	Yes	No	P1 user non-video
3	1st HomeB		Yes	No	Yes	No	P1 user video P2 user non-video
4	1st HomeC		Yes	No	Yes	No	P2 user video P3 user non-video

5	1st HomeD	1st VisitingA	Yes	No	Yes	No	P3 user video P4 user non-video
6	PS Support Home A	1st VisitingB	No	Yes	Yes	No	P4 user video P5 user non-video
7			No	Yes	Yes	No	E119
8	PS Support Home B		No	Yes	Yes	No	GBR Voice Calls (non-PTT)
9	PS Support Home C		No	Yes	Yes	No	GBR non-Voice and IMS signaling
10	PS Other A	PS Support Visiting A	No	Yes	No	Yes	Regular subscriber general data and IMS signaling
11	PS Other B	PS Support Visiting B	No	Yes	No	Yes	Voice Calls
12			No	Yes	No	Yes	Reserved for Serving Network
13			No	Yes	No	Yes	Reserved for Serving Network
14	Commercial		No	Yes	No	Yes	P1 user non-video
15	Commercial		No	Yes	No	Yes	P1 Commercial user video P2 Commercial user non-video

C. 관련 IETF 규격

- Expedited Forwarding: RFC 3246
- Assured Forwarding: RFC 2597 and RFC 3260

Assured Forwarding (AF) behavior group				
	Class 1	**Class 2**	**Class 3**	**Class 4**
Low drop probability	AF11 (DSCP 10)	AF21 (DSCP 18)	AF31 (DSCP 26)	AF41 (DSCP 34)
Med drop probability	AF12 (DSCP 12)	AF22 (DSCP 20)	AF32 (DSCP 28)	AF42 (DSCP 36)
High drop probability	AF13 (DSCP 14)	AF23 (DSCP 22)	AF33 (DSCP 30)	AF43 (DSCP 38)

Class selector values					
DSCP	**Binary**	**Hex**	**Decimal**	**Typical application**	**Examples**
CS0 (Default)	000 000	0x00	0		
CS1	001 000	0x08	8	Scavenger	YouTube, Gaming, P2P
CS2	010 000	0x10	16	OAM	SNMP,SSH,Syslog
CS3	011 000	0x18	24	Signaling	SCCP,SIP,H.323
CS4	100 000	0x20	32	Realtime	TelePresence
CS5	101 000	0x28	40	Broadcast video	Cisco IPVS
CS6	110 000	0x30	48	Network control	EIGRP,OSPF,HSRP,IKE
CS7	111 000	0x38	56		

Commonly used DSCP values					
DSCP value	Hex value	Decimal value	Meaning	Drop probability	Equivalent IP precedence value
101 110	0x2e	46	Expedited forwarding (EF)	N/A	101 Critical
000 000	0x00	0	Best effort	N/A	000 - Routine
001 010	0x0a	10	AF11	Low	001 - Priority
001 100	0x0c	12	AF12	Medium	001 - Priority
001 110	0x0e	14	AF13	High	001 - Priority
010 010	0x12	18	AF21	Low	010 - Immediate
010 100	0x14	20	AF22	Medium	010 - Immediate
010 110	0x16	22	AF23	High	010 - Immediate
011 010	0x1a	26	AF31	Low	011 - Flash
011 100	0x1c	28	AF32	Medium	011 - Flash
011 110	0x1e	30	AF33	High	011 - Flash
100 010	0x22	34	AF41	Low	100 - Flash override
100 100	0x24	36	AF42	Medium	100 - Flash override
100 110	0x26	38	AF43	High	100 - Flash override

* 상기 규격과 관련된 IETF RFC

RFC 2474—Definition of the differentiated services field (DS field) in the IPv4 and IPv6 headers

RFC 2475—An architecture for differentiated services

RFC 2597—Assured forwarding PHB group

RFC 2983—Differentiated services and tunnels

RFC 3086—Definition of differentiated services per domain behaviors and rules for their specification

RFC 3140—Per hop behavior identification codes (Obsoletes RFC 2836)

RFC 3246—An expedited forwarding PHB (Obsoletes RFC 2598)

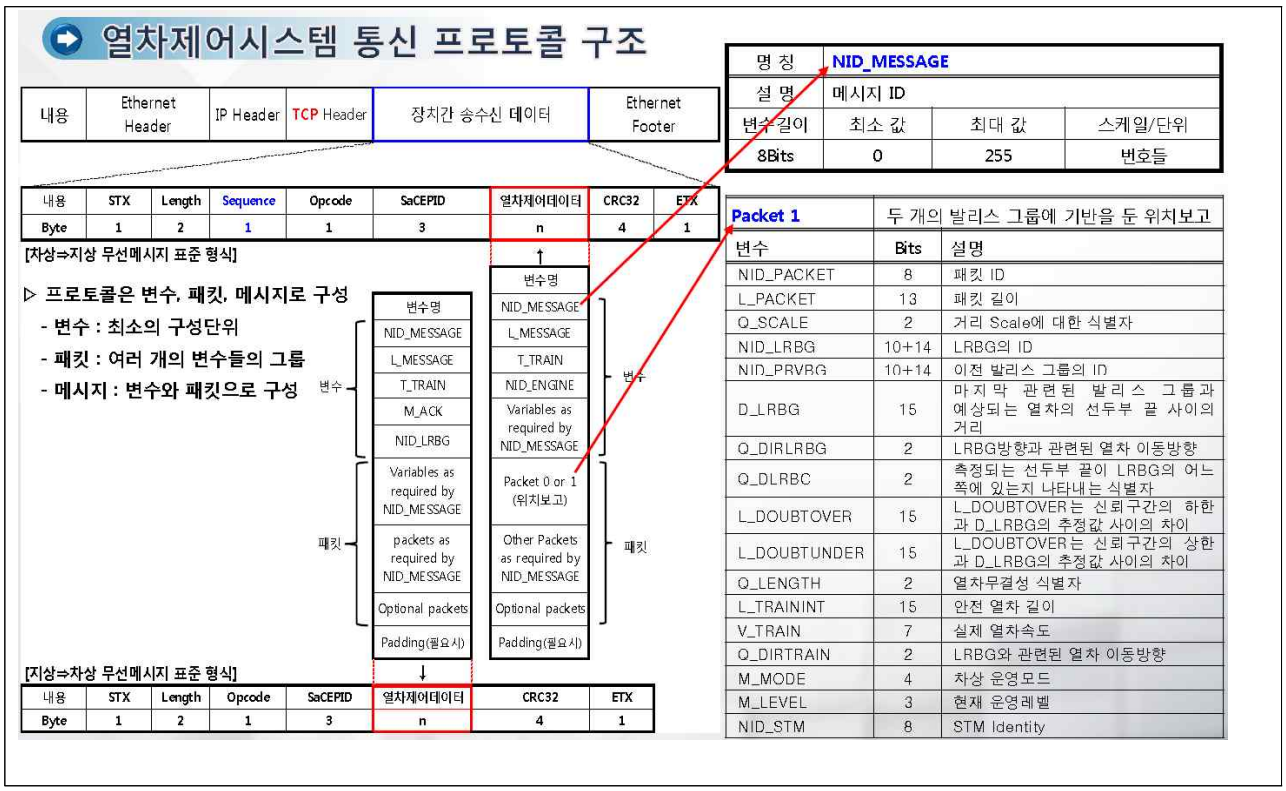
RFC 3247—Supplemental information for the new definition of the EF PHB (expedited forwarding per-hop behavior)

RFC 3260—New Terminology and Clarifications for Diffserv (Updates RFC 2474, RFC 2475 and RFC 2597)

RFC 4594—Configuration Guidelines for DiffServ Service Classes

RFC 5865—A differentiated services code point (DSCP) for capacity-admitted traffic (updates RFC 4542 and RFC 4594)

D. 열차제어 데이터 규격



② 영상 데이터

항목		세부항목		정의 및 기준	비고
8.2	영상 데이터	8.2.1	데이터 전송 지연 시간	열차가 고속으로 이동하는 환경에서 열차이동국과 제어센터 간 패킷 데이터를 전송하고 수신하는데 소요되는 전송 지연 시간을 측정함. - 고속 이동환경에서 영상 전송 지연시간이 300msec 이내가 99% 이상 이어야 함. 영상 통화의 경우는 지연시간이 150ms 이내이어야 함 [14].	시스템 요구사항 성능 기준 고속 이동환경
		8.2.2	데이터 수신 성공률	열차가 고속으로 이동하는 환경에서 열차이동국과 제어센터 간 패킷 데이터를 전송할 때 데이터를 정상적으로 수신할 수 있는 데이터 수신 성공률을 말하며 백분율로 표현함. - 고속 이동환경에서 수신 성공률이 99% 이상이어야 함.	시스템 요구사항 성능 기준 고속 이동환경

③ 데이터 서비스 우선순위 제어

항목		세부항목		정의 및 기준	비고
8.3	데이터 서비스 우선순위 제어			열차제어 데이터가 다른 종류의 데이터에 비해 우선적으로 자원할당 및 Scheduling되어 선점권이 동작하고 있음을 확인하는 시험임. - 열차제어 데이터의 전송률, 휴대단말들의 전송률, Discard Rate를 비교하여 우선순위에 의해 전송상태의 변화가 있음을 확인함.	고속 이동환경

O LTE 기반 철도통신시스템과 기존통신 시스템 연동 규격 개발

(1) 규격 개요

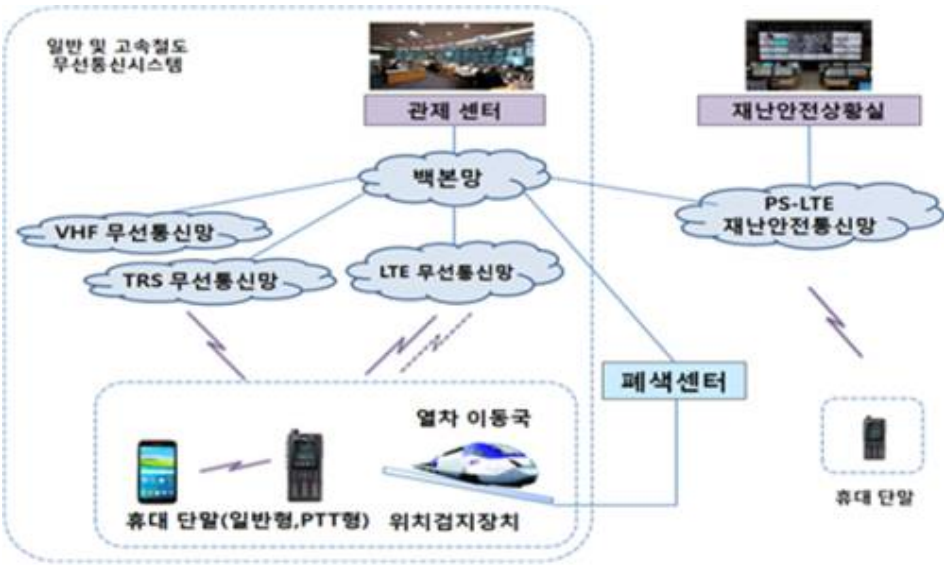
일반 및 고속 철도에서 LTE 기반 철도 통신 시스템과 기존 철도 무선 통신 시스템과의 원활한 정보전송을 위해 망 중심 및 승무원통신 게이트웨이의 연동 구조, 기능과 인터페이스를 정의함.

(2) 망 중심 연동

망 중심 연동은 연동 장치를 이용하여 기존의 철도 통신방식과 LTE 기반의 철도 통신 장치간에 통신이 가능하도록 하는 연동방식임, 망 중심 연동은 연동 장치를 이용하여 서로 다른 통신 방식간에 해당 통신방식의 단말기를 이용하여 상호간에 정보를 송수신함.

(가) 망 중심 연동 개요

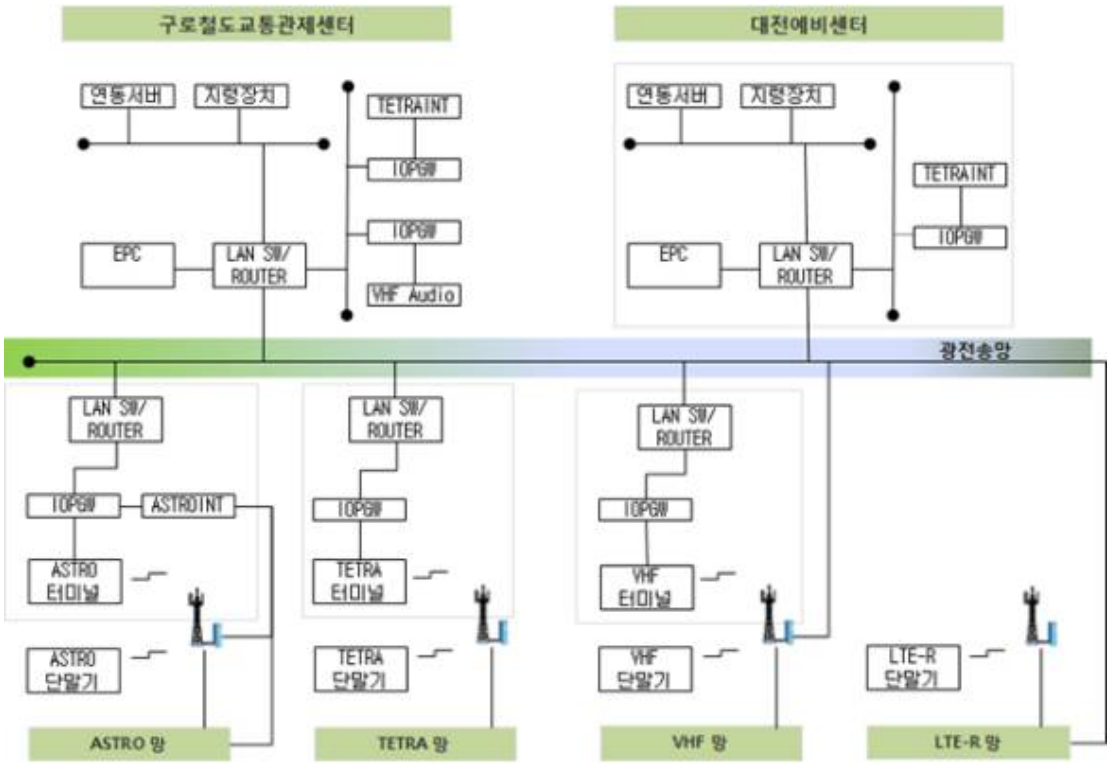
연동 장치는 아래 [그림 3-176]과 같은 LTE 기반 철도 통신 시스템 개념도 상에서 VHF 망 및 TRS 망 (ASTRO 및 TETRA)과 연결을 제공하는 부분임.



[그림 3-176] LTE기반 철도 통신 시스템 개념도

(나) 연동 장치의 구조

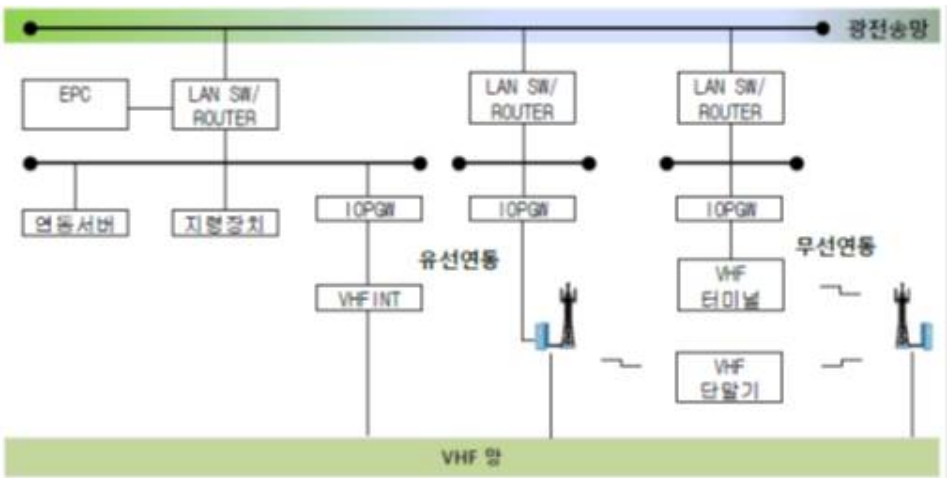
연동 장치의 개념도는 아래 그림과 같다. 상호연동서버는 코어망에 인접하게 IP 망으로 접속되어 LTE-R 기반으로 작동하며 기존망과 상호연동이 이루어짐. 연동서버와 각 IOPGW 간에는 IP망으로 연결됨.



[그림 3-177] 연동 장치 개념도

- LTE-R 망과 VHF 망 연동

LTE-R 망과 VHF 망은 유선 또는 무선 연동되어 LTE-R 단말과 VHF 단말 간 통신을 제공함, 무선 연동은 VHF 통화권 내에서 VHF 터미널 장치를 통하여 무선으로 VHF 망에 연결됨, 유선 연동은 VHF 터미널 장치를 통하지 않고 VHF 망에 직접 유선으로 연동되며 이를 위하여 VHF 중앙제어장치의 채널집중회로 또는 VHF 기지국 채널회로에 유선으로 연결됨.

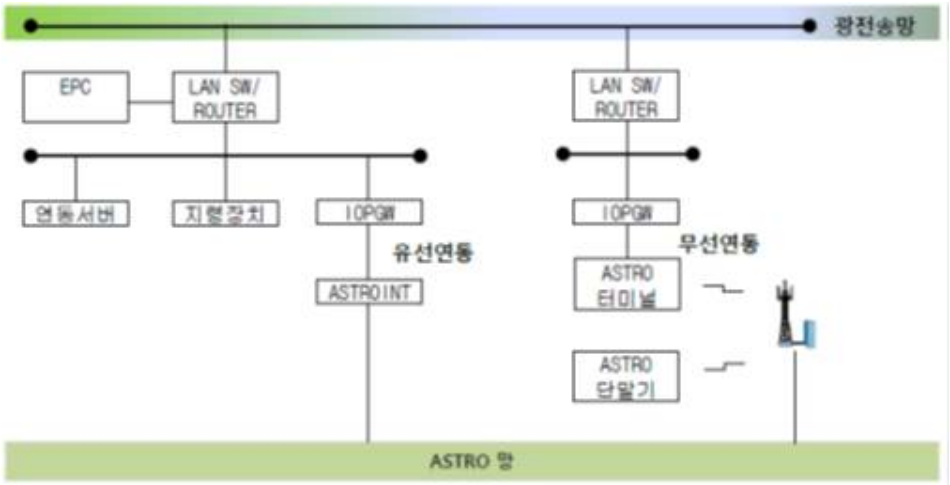


[그림 3-178] LTE-R 망과 VHF 망 연동 구성도

- LTE-R 망과 ASTRO 망 연동

LTE-R 망과 ASTRO 망은 유선 및 무선 연동되어 LTE 단말과 ASTRO 단말 간 통신을 제공함. LTE-R 망에서 ASTRO 망까지 IP 망으로 연결됨, 무선 연동은 ASTRO 통화권 내에서 ASTRO 터미널 장치를 통하여 무선으로 ASTRO 망에 연결됨, 유선 연동은

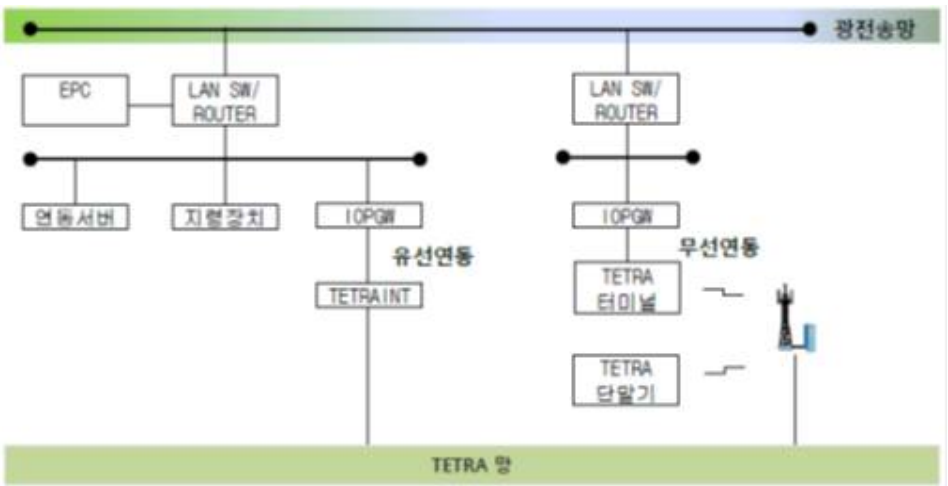
ASTRO 터미널 장치를 통하지 않고 ASTRO 망에 직접 유선으로 연동되며, 그 연동 통화그룹은 연동 지령장치에서 원격으로 변경이 가능함.



[그림 3-179] LTE-R 망과 ASTRO 망 연동 구성도

- LTE-R 망과 TETRA망 연동

LTE-R 망과 TETRA 망은 유선 및 무선 연동되어 LTE 단말과 TETRA 단말 간 통신을 제공함. LTE-R 망에서 TETRA 망까지 IP 망으로 연결됨, 무선 연동은 TETRA 통화권 내에서 TETRA 터미널 장치를 통하여 무선으로 TETRA 망에 연결됨, 유선 연동은 TETRA 터미널 장치를 통하지 않고 TETRA 망에 직접 유선으로 연동되며, 그 연동 통화그룹은 원격으로 변경이 가능함.



[그림 3-180] LTE-R 망과 TETRA 망 연동 구성도

(다) 연동 장치 구성품

- 연동서버

연동서버는 LTE-R과 철도무선통신망(VHF, TRS-ASTRO/TETRA) 상호 연동장치와 인터페이스로 호 처리를 담당하며, IP Network를 통해 LTE-R 터미널에서 이기종 터미널과의 연결을 제공함, 이 장치는 LTE-R의 주 PTT 서버 또는 연동 전용의 서버로 구현될 수 있음.

- IOPGW

IOPGW는 VHF, TRS-ASTRO/TETRA System과의 연동과 상호연동서버와의 IP 연결을 지원함.

- VHF 연동장치
유선 연동에서의 VHF 연동장치는 VHF 시스템과 인터페이스 되며, 음성신호처리와 IP Network로 프로토콜 변환을 담당함, 무선 연동은 VHF 터미널 장치와 인터페이스 되며, 음성신호처리와 IP Network로 프로토콜 변환을 담당함, VHF 시스템과 연동되는 유선 연동이 주요 연동 장치로 동작하며, 무선 연동은 상호연동의 안정성 및 확장성을 제공함.

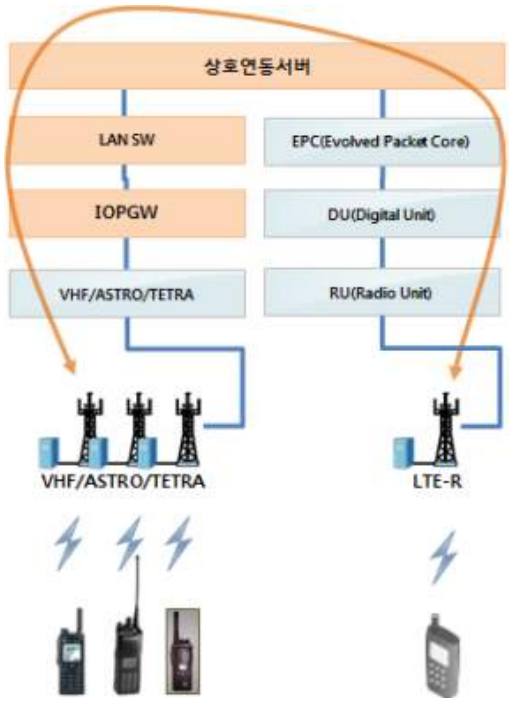
- TRS-ASTRO 연동장치
유선 연동에서의 TRS-ASTRO 연동장치는 ASTROINT (ASTRO Interface) 장치와 인터페이스 되며, 음성신호처리와 IP Network로 프로토콜 변환을 담당함, 무선 연동은 ASTRO 터미널 장치와 인터페이스 되며, 음성신호처리와 IP Network로 프로토콜 변환을 담당함. ASTROINT 장치와 연동되는 유선 연동이 주요 연동 장치로 동작하며, 무선 연동은 상호연동의 안정성 및 확장성을 제공함.

- TRS-TETRA 연동장치
유선 연동에서의 TRS-TETRA 연동장치는 TETRA System의 TETRAINT(TETRA Interface) 장치와 인터페이스 되며, 음성신호처리와 IP Network로 프로토콜 변환을 담당함, 무선 연동은 TETRA 터미널 장치와 인터페이스 되며, 음성신호처리와 IP Network로 프로토콜 변환을 담당함. TETRA System의 TETRAINT 장치와 연동되는 유선 연동이 주요 연동 장치로 동작하며, 무선 연동은 상호연동의 안정성 및 확장성을 제공함.

- 연동 지령장치
연동 지령장치는 LTE-R과 VHF, TRS-ASTRO/TETRA와의 상호연동 시스템내의 PTT 통신을 지원하며, 인터페이스 자원에 대한 통화그룹 변환 및 설정 등 운용 확장성을 제공함, 이 장치는 LTE-R의 지령장치로 또는 연동 전용의 지령장치로 구현될 수 있음.

(라) 연동 장치 서비스
- 연동지령장치 또는 PTT 서버로부터의 요청에 의한 VHF 및 LTE-R 통신망의 연동 통화그룹에 대한 그룹 음성 통화 호 설정
- 연동지령장치 또는 PTT 서버로부터의 요청에 의한 TETRA 및 LTE-R 통신망의 연동 통화그룹에 대한 그룹 음성 통화 호 설정
- 연동지령장치 또는 PTT 서버로부터의 요청에 의한 ASTRO 및 LTE-R 통신망의 연동 통화그룹에 대한 그룹 음성 통화 호 설정
- 연동지령장치 또는 녹음장치에서 통화 녹음 및 재생
- 연동지령장치 또는 관리장치에서 TETRA 또는 ASTRO 연동 통화그룹의 변경
- VHF 단말기 또는 LTE-R 단말기로부터의 요청에 의한 VHF 단말기와 LTE-R 단말기 간 연동 통화그룹에 대한 그룹 음성 통화 호 설정
- TETRA 단말기 또는 LTE-R 단말기로부터의 요청에 의한 TETRA 단말기와 LTE-R 단말기 간 연동 통화그룹에 대한 그룹 음성 통화 호 설정
- ASTRO 단말기 또는 LTE-R 단말기로부터의 ASTRO 단말기와 LTE-R 단말기 간 연동 통화그룹에 대한 그룹 음성 통화 호 설정
- 연동서버와 IOPGW간 AES 128, AES 192 또는 AES 256에 의한 비화 통신

- LTE 단말기에서 어플리케이션에 로그인 할 때 마다 연동 통화그룹/채널 목록의 갱신
- LTE 단말기에서 연동 통화그룹/채널 목록 중 청취를 희망하는 통화그룹/채널을 선택 가능, 선택된 통화그룹/채널의 통화 내용을 모두 청취 및 통화 가능
- 연동 장치의 Signal Flow는 아래 그림과 같음.



[그림 3-181] 연동장치의 신호 흐름도

- 호 연결 요구를 상호연동서버 또는 PTT서버가 제어하여 이기종 망에 대한 호 연결과, LTE-R과 기존 시스템의 호 연결이 성립되면 Traffic channel 을 구성하게 됨.

(3) 승무원통신 게이트웨이 연동

승무원통신 게이트웨이 연동은 하나의 단말기로 기존 철도 통신방식(VHF, TRS-ASTRO/TETRA) 및 LTE 기반의 철도 통신방식과의 통화를 모두를 가능하게 하는 연동방식으로서 철도상에서 사용하는 모든 무선 통신방식은 게이트웨이를 이용하여 신호를 송수신하며 게이트웨이는 승무원 단말기와 WiFi AP를 이용하여 정보를 송수신함.

(가) 승무원통신 게이트웨이 개요

승무원통신 게이트웨이 장치는 그림과 같은 LTE 기반 철도 통신 열차 이동국 개념도에 나타낸 바와 같으며, 열차 상에서 승무원에게 VHF, TRS-ASTRO/TETRA 및 LTE-R 망과의 통신 서비스를 제공함.

(나) 승무원통신 게이트웨이 구조

승무원통신 게이트웨이의 시스템 개념도는 그림 6-2와 같다. 연동장치가 통신 서비스를 제어하며 열차 외부로는 VHF, TRS-ASTRO/TETRA 및 LTE-R 망과 연결하고, 열차 내에서는 WiFi로 승무원 단말기와 연결된다. 이를 위하여 각 객실에 LAN Switch 및 WiFi

Access Point를 설치하여 IP 망으로 구성됨.

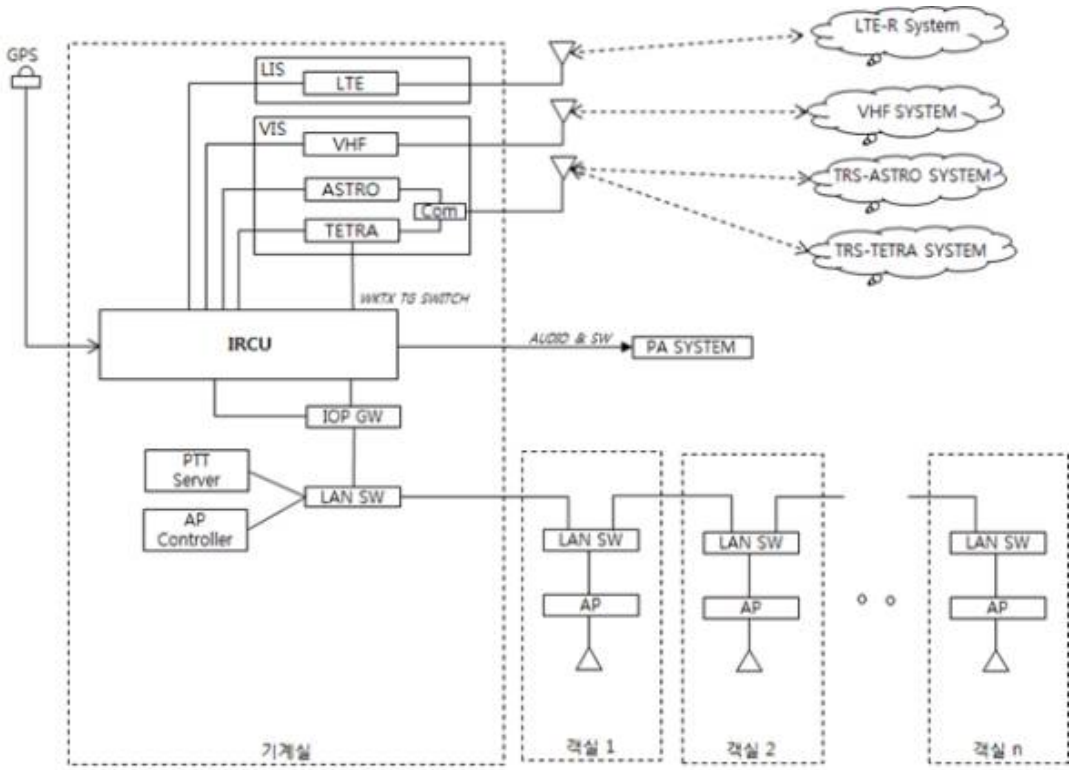
- LTE-R 망 연동

승무원통신 게이트웨이는 LTE-R 통화권에서 LTE-R 망과 연결되어, 승무원 단말기에서 LTE-R 망과의 통신을 제공함.

- VHF 망 연동

승무원통신 게이트웨이는 VHF 통화권에서 VHF 망과 연결되어, 승무원 단말기에서 VHF 망과의 통신을 제공함.

- ASTRO 망 연동



[그림 3-182] 승무원통신 게이트웨이시스템 개념도

승무원통신 게이트웨이는 ASTRO 통화권에서 ASTRO 망과 연결되어, 승무원 단말기에서 ASTRO 망과의 통신을 제공함.

- TETRA 망 연동

승무원통신 게이트웨이는 TETRA 통화권에서 TETRA 망과 연결되어, 승무원 단말기에서 TETRA 망과의 통신을 제공함.

- WiFi 망 연동

승무원통신 게이트웨이는 객실에서 WiFi 망을 구성하여, 승무원 단말기에서 WiFi 망을 통하여 PTT Client 서비스를 제공함.

(다) 승무원통신 게이트웨이 구성품
- VIS(Voice Interface Subrack)
VHF, ASTRO, TETRA망을 구간에 따라 다르게 이용해야 하며, 상이한 열차무선에 인터페이스하기 위한 터미널 Subrack를 VIS에 구현함.

- VHF 터미널
승무원통신 게이트웨이에서 일반선 구간인 VHF 서비스를 이용하기 위한 종단 터미널

- ASTRO 터미널
승무원통신 게이트웨이에서 고속선 구간(경부1단계)의 ASTRO 서비스를 이용하기 위한 종단 터미널

- TETRA 터미널
승무원통신 게이트웨이에서 고속선 구간(경부2단계, 호남선)의 TETRA 서비스를 이용하기 위한 종단 터미널

- 전원장치
차량으로부터 직류전원을 공급받아 각각의 무선장치에 필요한 직류전원으로 변환 공급하는 장치

- 안테나
UHF 안테나 : ASTRO & TETRA RADIO의 800MHz 송수신용 안테나
VHF 안테나 : VHF RADIO의 150MHz 송수신용 안테나
GPS 안테나 : 자동 전환을 위한 위치정보를 수신하는 GPS 안테나
LTE-R 안테나 : LTE-R RADIO의 700MHz 송수신용 안테나

- IRCU(Integration Radio Communication Unit: 통합무선통신장치)
IRCU는 구간에 따른 열차무선을 이용하기 위한 VIS, LIS 인터페이스 및 구간별 자동 전환, 통화그룹자동전환, 녹취 기능을 제공하고, 열차방송 시스템과 인터페이스 되어 열차승무원용 통합무선장치를 통한 열차방송을 가능하게 함.

- LIS(LTE-R Interface Subrack)
승무원통신 게이트웨이에서 LTE-R 서비스를 이용하기 위한 종단 Terminal Sub-Rack

(라) 승무원통신 게이트웨이 서비스
- 열차가 VHF, ASTRO, TETRA 및 LTE-R 통화권을 이동함에 따라 승무원통신 게이트웨이 통신모드의 자동 절체
- 열차 내에서 승무원 단말기를 이용한 VHF, ASTRO, TETRA 및 LTE-R 망의 통신서비스
- 열차가 경부선, 호남선, 수도권 및 인천공항철도 권역으로의 이동에 따라 승무원통신 게이트웨의 TETRA 장치에서의 통화그룹 자동 절체
- 승무원 단말기를 이용하여 열차 방송 서비스
- 객실에서의 WiFi 망 제공을 위한 LAN SWITCH 네트워킹과 이의 이중화

- 승무원통신 게이트웨이를 이용한 음성통화의 녹음 및 재생
- 승무원단말기를 이용하여 열차내 승무원간 통화
- 승무원용게이트웨이 보안모드 SSID 구성

O 망 연동에 따른 망운용 최적화 방안 분석

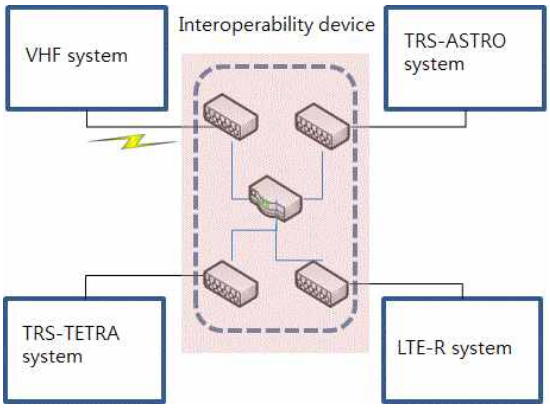
(1) 개요

일반 및 고속 철도에서 LTE 기반 철도 통신 시스템과 기존 철도 무선 통신 시스템과의 연동방안을 조사하고 이에 따른 망운용 최적화 방안 분석 및 단말기 연동 성능최적화 방안을 제시함.

(2) 연동방안 조사

(가) 망 중심 연동방안

- 망 중심의 연동방안은 상호연동장치를 이용하여 신호를 변환하여 다른 통신방식과 정보의 송수신이 가능하도록 하는 방식임.
- 새로운 단말기를 이용하지 않고 기존의 단말기를 그대로 이용하면서 특정 통신방식으로의 신호변환을 통해 통신이 이루어짐.
- 이 방식을 구현하기 위해서는 다양한 통신방식을 인식하여 신호를 변환하고 이를 다시 다른 방식의 통신방식으로 바꾸어서 전송하는 상호연동장치의 개발이 필수적임.

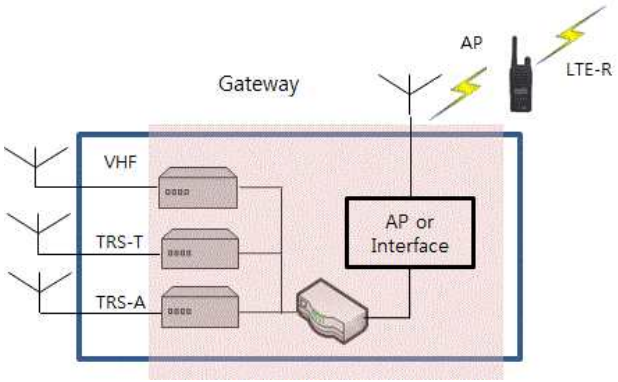


[그림 3-183] 망 중심 연동방안 개념도

(나) 단말기 중심 연동방안

- 기존의 통신방식 및 LTE-R 방식을 동시에 지원하는 연동 방식으로 게이트웨이를 사용하여 정보를 송수신함으로써 하나의 단말기만으로 통신이 가능하도록 하는 방식임.
- 게이트웨이를 통해서 수신된 정보는 AP를 통해서 단말기와 통신을 수행
- 단말기에서 정보를 전송하고자 할 경우에도 AP를 통해서 게이트웨이에 정보를 전송하면 게이트웨이에서는 선택된 통신방식을 이용하여 정보를 전송함.
- 단말기가 열차에서 멀어지면 철도망이 아닌 일반 상업자 망을 이용하여 LTE-R 방식으

로 통신이 가능함.

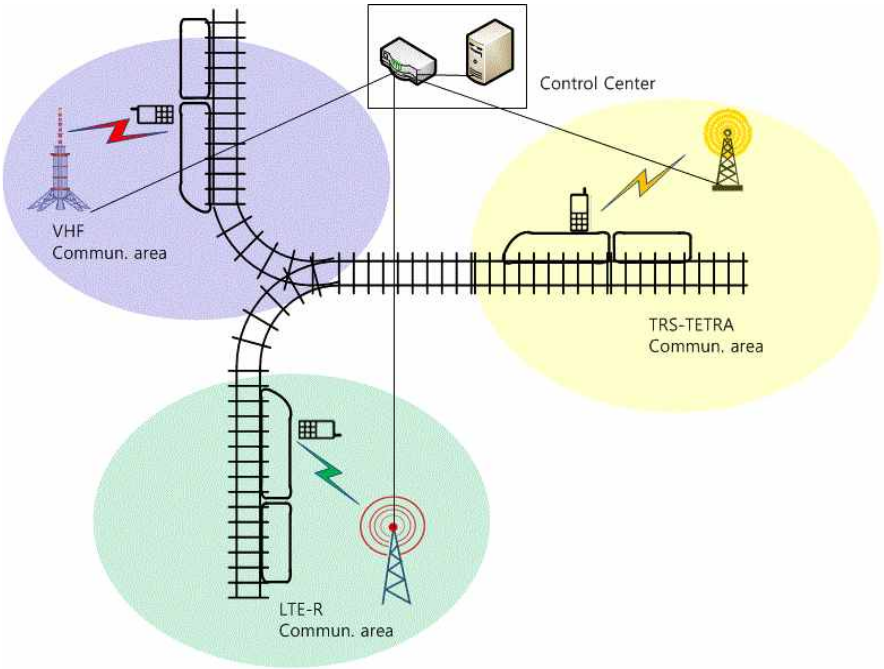


[그림 3-184] 게이트웨이(단말기) 중심 연동방안 개념도

(3) 운용 최적화 방안 수립

(가) 망 운용 시나리오: 망 중심 연동 방안

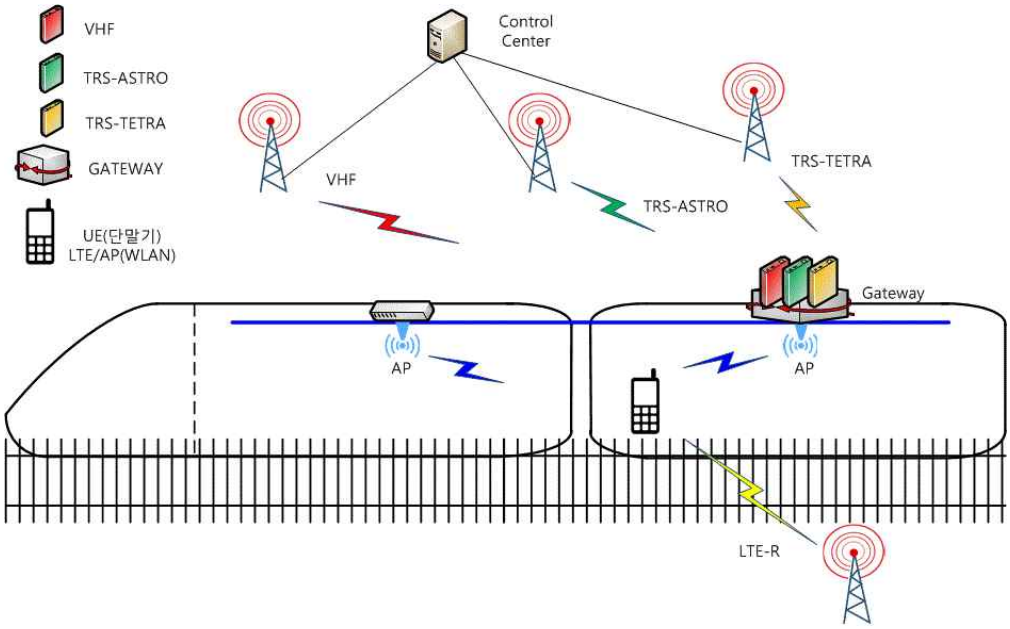
- 모든 통신은 상호연동장치를 통해서 이루어지게 되는데, 새로운 단말기와 철도차량에 설치되는 게이트웨이 같은 장치의 개발이 필요 없으나 상호 연동장치의 개발이 필요함.
- 기존의 열차 무선통신 시스템에서는 서로 다른 통신방식을 사용하는 단말기와는 통신이 불가능 했지만 상호연동장치를 이용함으로써 서로 다른 통신방식을 이용하는 단말기와도 통신이 가능함.
- 그림에 나타낸 것처럼 서로 다른 기술을 이용하는 통신방식의 신호를 전달하고자 하는 방식의 통신신호로 변환해 줌으로써 통신이 가능함.
- 게이트웨이(단말기) 중심의 망 연동방안과는 다르게 하나의 단말기로 지역에 상관없는 통신환경의 제공이 불가능함.
- 기존과 동일하게 여러 개의 단말기를 사용하여 그 지역에 해당되는 단말기를 사용하여야 하지만 서로 다른 지역에서 상이한 통신방식을 사용하는 단말기와 통신이 가능하게 함.



[그림 3-185] 망 중심 연동방안을 적용한 운용 시나리오

(나) 망 운용 시나리오: 게이트웨이(단말기) 중심 연동 방안

- 철도차량에 게이트웨이를 설치하여 통신이 가능하도록 하는데 게이트웨이는 기지국과 통신 시에는 해당 통신방식을 이용하며, 단말기와 통신 시에는 AP를 통해서 정보를 송수신함.
- 단말기는 AP 및 LTE-R 방식과의 통신기능을 가지고 있어야 함.
- 기존 통신방식과 단말기간의 통신은 기존 통신방식 해당 단말기-기존 통신방식 기지국-게이트웨이/AP-단말기 간의 연결을 통해 이루어짐.
- LTE-R 방식을 이용하는 경우에는 게이트웨이를 사용하지 않고 현재 사용 중인 이동통신 시스템과 동일하게 LTE-R 기지국을 통해 통신이 이루어질 수 있으나, 열차 내에서는 AP를 통해 기존통신방과 동일하게 통신을 수행함.
- 이 시나리오에서는 하나의 단말기를 가지고 열차가 VHF, TRS 혹은 LTE-R 구간과 상관없이 정보의 송수신이 가능함.
- 기존에 통신방식마다 각기 다른 단말기를 사용하는 단점을 해소 시킬 수 있는 장점이 있으나 추가적으로 게이트웨이를 열차에 설치해야 하고 각기 다른 통신방식을 제어하여 끊김 없는 정보를 제공하기 위한 방안이 필요할 수도 있음.
- 또한 열차의 내에서 객차를 옮길 때 단말기와의 연결을 계속해서 유지시켜야 하며, 열차 내에서 승무원이 아닌 일반승객은 철도통신에 사용되는 AP를 감지할 수 없도록 하여야 함.



[그림 3-186] 게이트웨이(단말기)중심 연동방안을 적용한 운용 시나리오

(다) 망 운용 시나리오 비교 및 운용관련 구현 이슈

○ 망 운용 시나리오 비교

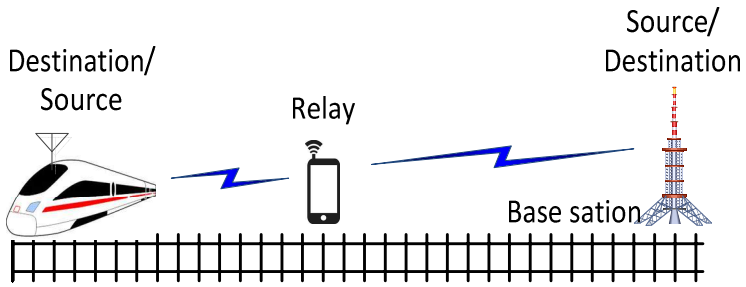
- 게이트웨이(단말기) 중심의 연동방안은 게이트웨이가 설치되어있으면 하나의 단말기로 모든 통신방식의 수용이 가능하며 추후 전체 철도 무선통신시스템이 LTE-R 방식을 사용하는 방향으로 진화하게 되면 단말기 중심의 연동방안을 수용하여 개발된 단말기로 원활한 통신환경의 제공이 가능함.
- 하지만 LTE-R 방식이 전국적으로 사용되지 않을 경우에는 구간별로 각기 다른 단말기를 사용해야 함으로 새로운 단말기 하나를 더 사용해야하는 불편함이 생길수도 있음.
- 망 중심의 연동방안은 기존의 단말기를 사용하면서 서로 다른 통신방식간의 정보전송기능을 제공한데, 새로운 단말기의 개발이 필요 없는 장점이 있지만 계속해서 이 방식을 사용할 경우에는 다양한 데이터의 전송이 불가능한 경우가 발생할 수 있음.
- 즉 LTE-R 방식을 사용하는 시스템에서 영상정보를 VHF방식을 사용하는 지역에 전송하고자 할 때, VHF방식의 단말기가 대용량 데이터 전송 기능을 제공하지 않으면 원하는 정보의 전송이 불가능할 수도 있으므로 전송하는 데이터의 제한이 있을 수 있음.

○ 망 운용 관련 구현 이슈

- 망 중심의 연동방안을 철도 무선통신망에 적용함으로써 단기적으로는 서로 다른 지역에 위치한 단말기 간의 통신이 가능토록 할 수 있으나, 정해진 구역을 벗어나는 경우에는 현재와 동일하게 해당 구역에 적용되는 단말기가 필요함.
- 또한 LTE-R 망이 확산되어 많은 양의 데이터를 전송하고자 할 경우에는 각 통신방식이 가지는 특성에 따라 통신이 원활하지 않을 수도 있음.
- 그러나, 망 중심의 연동방안은 단말기를 소지한 사용자가 정해진 구역에서 이동하지 않으면서 최소한의 통신기능을 제공하는 데에는 유용함.
- 장기적으로는 하나의 단말기를 사용하여 위치의 제약 없이 통신이 가능하게 하고 다양한 정보를 전송하기 위해서 게이트웨이(단말기) 중심의 연동방안이 더 효율적인 것으로 예상됨.

- LTE-R 방식이 전국적으로 확대되는 동안에는 두 가지 방안을 효율적으로 적용하는 방안과 망 연동을 안정적으로 운용하는 방안마련에 대한 연구가 필요할 것으로 예상됨.

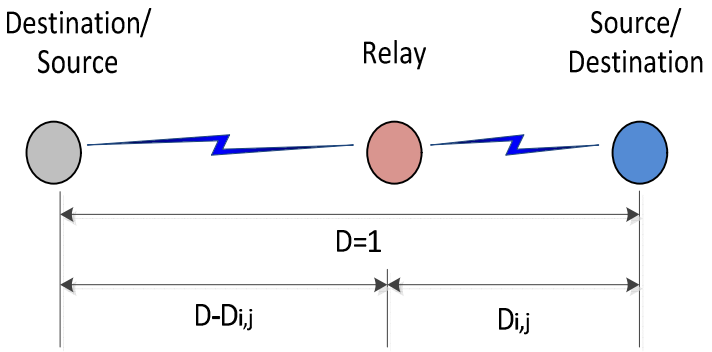
(4) 철도 환경에서 듀얼 홉 통신 환경을 형상화한 성능 분석 및 최적화 방안 수립
- 아래 그림에 나타낸 것처럼 기지국에서 열차로 신호전송 시 혹은 열차에서 기지국으로 신호전송 시 단말기를 중계기로 사용하여 신호를 전송하는 경우의 성능분석을 고려함.
- 열차 혹은 기지국은 각각이 송신기 혹은 수신기가 될 수 있음



[그림 3-187] 단말기 연동 철도통신 시스템

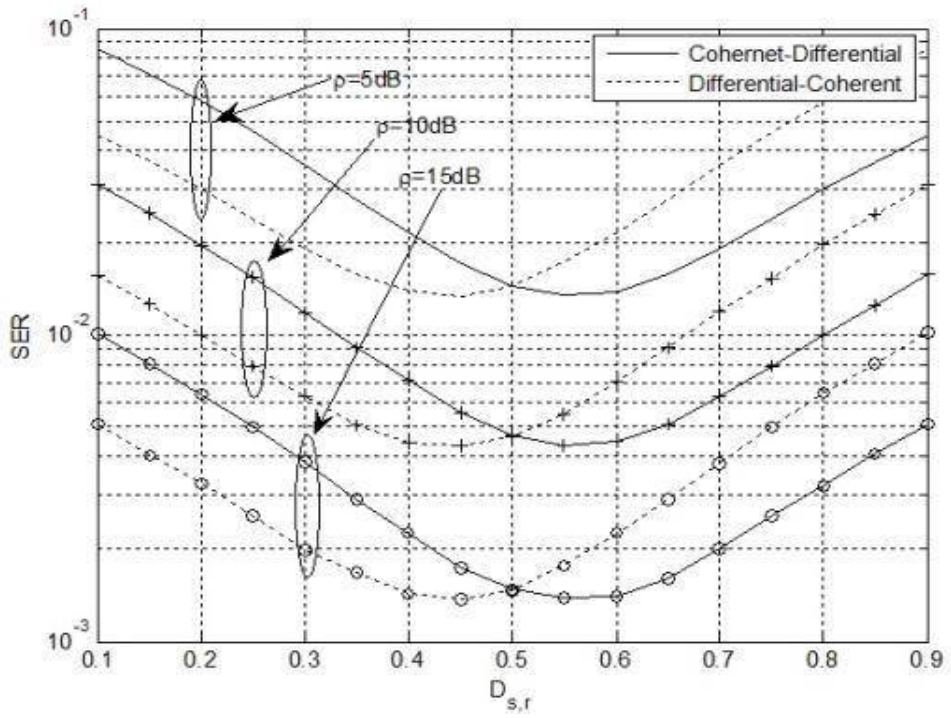
○ 복조 후 전송 프로토콜 적용
- 열차가 빠르게 움직이는 환경에서는 송신기-중계기, 중계기-수신기의 통신환경이 서로 달라질 수 있음.
- 기지국을 송신기로 하는 경우: 송신기(기지국)-중계기(단말기) 사이는 채널이 천천히 변하는 환경으로 채널상태정보 (CSI: Channel State Information)를 이용한 동기변조방식 적용가능, 중계기(단말기)-수신기(열차) 사이에는 채널이 빠르게 변하는 환경으로 채널상태정보를 이용하지 못하는 경우가 발생하여 비동기 방식의 변조방식을 적용함.
- 열차를 송신기로 하는 경우: 송신기(열차)-중계기(단말기) 사이는 채널이 빠르게 변하는 환경으로 채널상태정보를 이용하지 못하는 경우가 발생하여 비동기 방식의 변조방식을 적용, 중계기(단말기)-수신기(기지국) 채널이 천천히 변하는 환경으로 채널상태정보를 이용한 동기변조방식 적용 가능함.
- 이와 같은 환경에서는 송신기-중계기, 중계기-수신기의 채널이 비대칭적 (Asymmetric)으로 모델링 될 수 있음.
- 비동기 방식의 경우에는 차등변조(Differential modulation)방식을 적용함 : 송신기-중계기, 중계기-수신기를 C-D 및 D-C 시나리오로 정의함.(C-D: Coherent-Differential, D-C: Differential-Coherent)
- 열차 혹은 기지국은 각각이 송신기 혹은 수신기가 될 수 있음.

○ 시스템 모델
- 아래 그림은 단말기를 중계기로 사용하는 경우의 시스템 모델을 나타내고 있음.
- 송신기를 s, 중계기를 r, 수신기를 d로 나타냄
- 송신기와 중계기 사이의 거리를 $D_{s,r}$ 중계기와 수신기 사이의 거리를 $D_{r,d}$라고 하면, 송신기- 중계기-수신기 사이에는 $D_{s,r}+D_{r,d}=D_{s,d}=D=1$의 관계를 만족한다고 가정함.

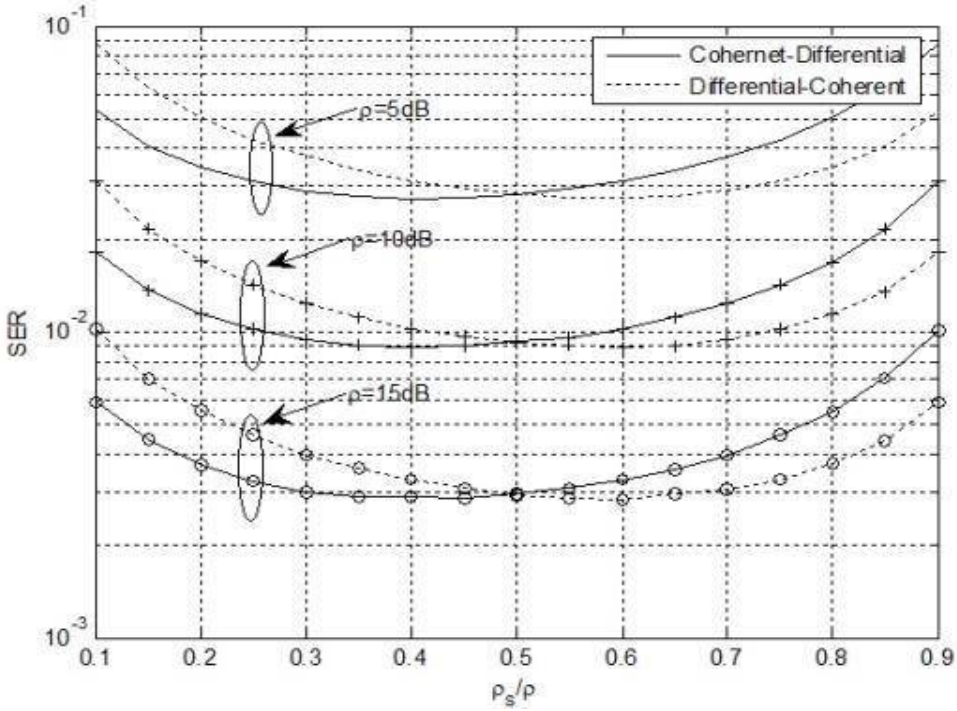


[그림 3-188] 단말기 연동 시스템모델

- 동기변조방식을 사용할 경우에는 위상변조방식(PSK: Phase Shift Keying)을 사용하여 신호를 전송함, 비동기 변조방식을 사용하는 경우에는 차등변조방식을 사용하여 신호를 전송함.
- 성능분석은 심볼오류율 (SER: Symbol Error Rate)로 나타냄.
- 송신기에서의 전송 신호대잡음비 (SNR: Signal-to-Noise Ratio)를 ρ_s, 중계기에서의 전송 신호대잡음비를 ρ_r 이라고 정의하고, 전체 전송 신호대잡음비 ρ 는 다음과 같은 조건을 만족한다고 가정함: $\rho = \rho_s + \rho_r$
- 두 가지 전송 프로토콜에 관해 성능을 분석함.
- 성능분석은 중계기(단말기)의 위치에 따른 성능, 중계기의 에너지할당에 따른 성능 두 가지로 나누어서 분석함.



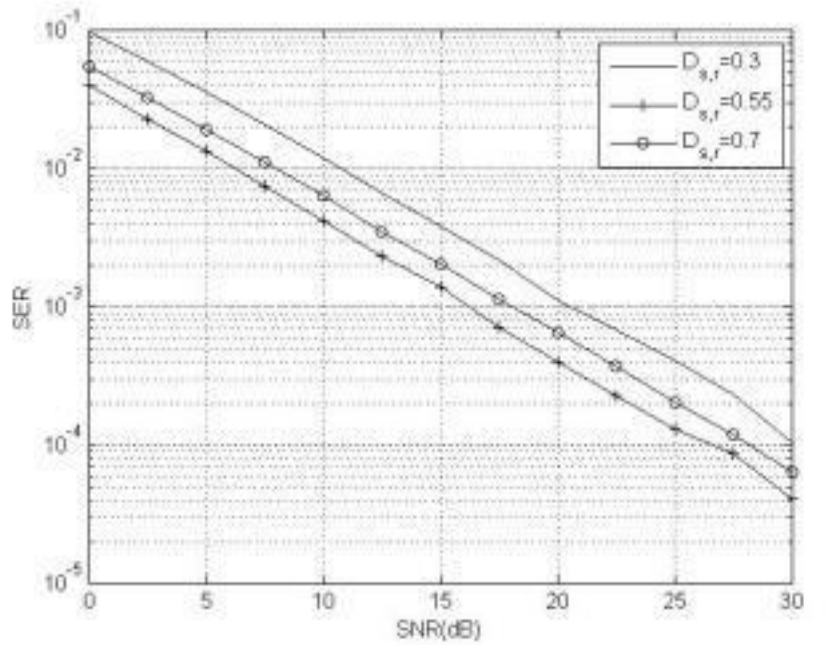
[그림 3-189] 중계기 위치에 따른 심볼오류율



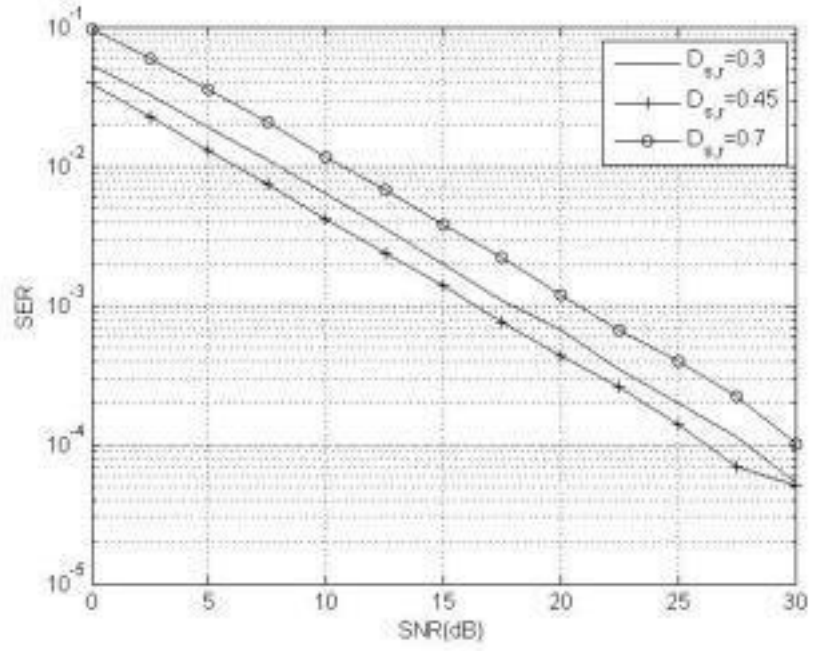
[그림 3-190] 에너지 할당에 따른 심볼오류율

- 중계기의 위치 및 에너지 할당에 따른 성능을 비교해볼 때 중계기의 위치가 전체 성능에 미치는 영향이 큼을 알 수 있음.
- 전체 에너지는 최적의 성능을 나타내는 부분에 영향을 주지 않음.
- 변조 방식에 따라 최적의 성능을 나타내는 부분이 다름을 알 수 있음.

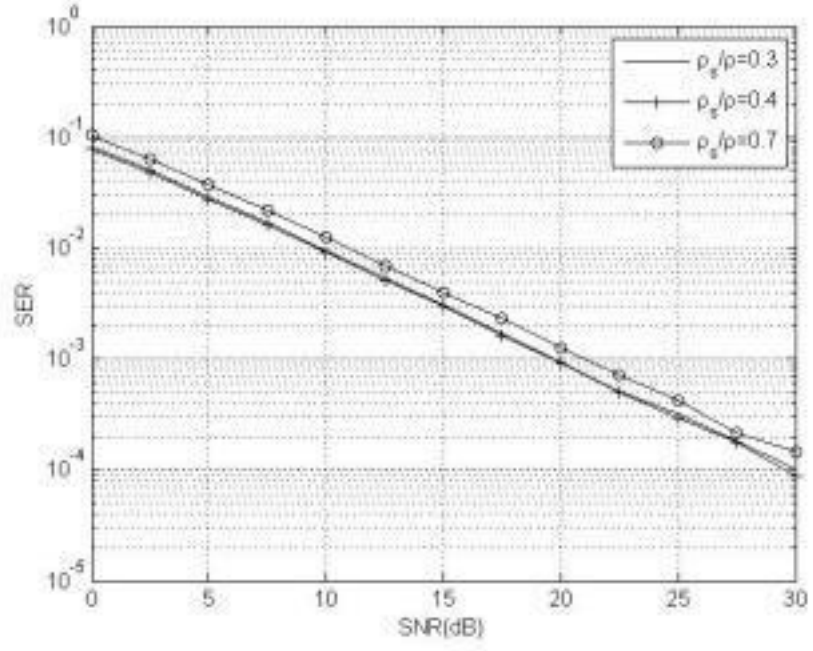
위치에 따른 최적의 성능: C-D(송신기->중계기)→ 0.55, D-C(중계기->수신기)→0.45
에너지 할당에 따른 최적의 성능: C-D(송신기->중계기) → 0.4, D-C(중계기->수신기) → 0.6



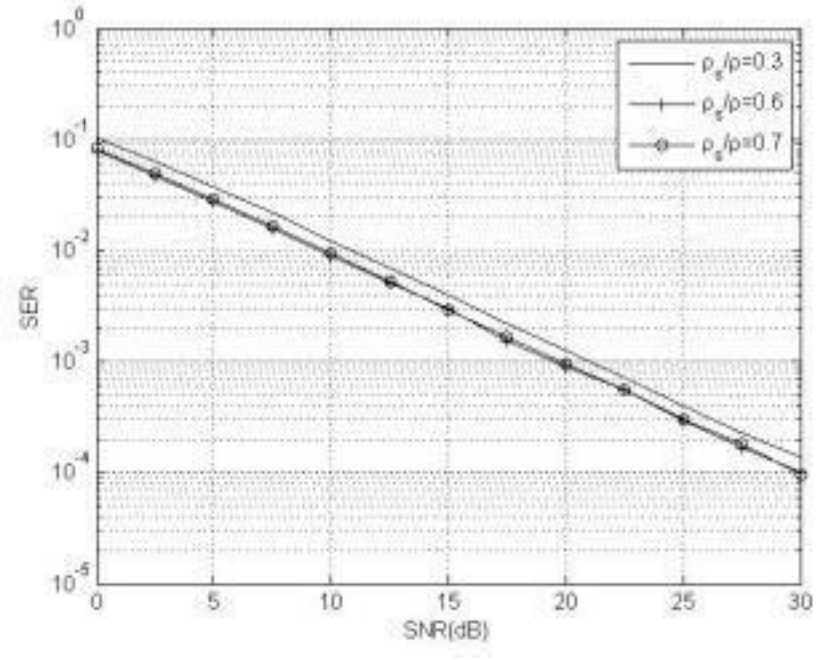
[그림 3-191] 주어진 중계기 위치에 따른 심볼오류율: C-D



[그림 3-192] 주어진 중계기 위치에 따른 심볼오류율: D-C



[그림 3-193] 주어진 에너지할당에 따른 심볼오류율: C-D



[그림 3-194] 주어진 에너지할당에 따른 심볼오류율: D-C

- 주어진 위치에 따른 성능 비교 및 주어진 에너지할당에 따른 성능 비교: 최적의 성능을 나타내는 결과와 일치되게 성능이 나옴을 확인 할 수 있음.
- 이 결과를 이용하여 여러 개의 단말기가 존재할 경우 최적의 단말기를 선택해서 신호를 전송함으로써 전체 성능을 향상 시킬 수 있음.

O 한국철도표준 제안

(1) LTE 기반 철도통신 휴대단말 표준

(가) 표준 개요

O LTE 기반 철도통신 휴대단말 표준(안) 개발을 위하여 2차례 대면회의와 이메일을 통한 자료 검토를 거침. 1차 및 2차 협의를 9월 21일과 12월 8일에 개최하였음.



[그림 3-195] 휴대단말 표준 1차 회의 (0921)



[그림 3-196] 휴대단말 표준 2차 회의

(나) 주요 내용

국가철도표준(LTE 기반 철도통신 휴대단말)의 목차는 아래와 같음.

1. 적용범위
2. 적용자료
 2.1 국내 관련법규 및 규격
 2.2 국외 관련법규 및 규격
3. 용어 및 약어
 3.1 용어
 3.2 약어
4. 필요조건
 4.1 휴대단말의 기본 조건
 4.2 휴대단말의 기본 기능
5. 성능 요구사항
 5.1 휴대단말의 성능요구사항
 5.2 휴대단말의 성능 조건
6. 인터페이스

- 표준 내용 검토

LTE 표준 (Release 13) 기반 기능위주로 작성

초안 수정하여 배포함

(2) LTE 기반 철도통신 차상단말 표준

(가) 표준 개요

LTE 기반 철도통신 차상단말 표준(안) 개발을 위한 회의 개최

(나) 주요 내용

국가철도표준(LTE 기반 철도통신 차상단말)의 목차는 아래와 같음.

1. 적용범위
2. 적용자료
 2.1 국내 관련법규 및 규격
 2.2 국외 관련법규 및 규격
3. 용어 및 약어
 3.1 용어
 3.2 약어
4. 필요조건
 4.1 휴대단말의 기본 조건
 4.2 휴대단말의 기본 기능
5. 성능 요구사항
 5.1 휴대단말의 성능요구사항
 5.2 휴대단말의 성능 조건
6. 인터페이스

○ 주요사항

- 관련규정은 다음과 같음

. 한국철도표준규격(KRS)

. 전파법 및 동법 시행령 및 시행규칙

. 무선설비규칙 및 무선설비기준(국립전파연구원 고시)

. 방송통신기자재 등의 적합성평가에 관한 고시

. 소프트웨어산업 진흥법 및 동법 시행령

. 한국정보통신협회(TTA) 정보통신단체표준: (TTAK.KO-06.0369, TTAK.KO-06.0370, TTAK.KO-06.0437, TTAK.KO-06.0438, TTAK.KO-06.0458)

. 이동통신표준화협력기구(3GPP)표준규격

. 국립전파연구원고시 제2015-25호“간이무선국·우주국·지구국의 무선설비 및 전파탐지용 무선설비 등 그 밖의 업무용 무선설비의 기술기준”의 통합공공망용 무선설비 기술기준

- LTE-R 시스템 특성

LTE-R 시스템 특성은 다음과 같음

항 목	기술적 특성
주파수대역	상향링크 주파수: 718~728 MHz 하향링크 주파수; 773~783 MHz (철도통합무선망용)
채널대역폭	10 MHz (철도통합무선망용)
전송전력(최대)	23 dBm (단말)
변조방식	상향링크: SC-FDMA 하향링크: OFDMA
데이터전송속도(최대)	상향링크: 27Mbps 하향링크: 54Mbps

MIMO 안테나	2 X 2
듀플렉스	FDD (Frequency Division Duplex)

- 차상인터페이스장치(TIU)

차상인터페이스장치(TIU) 특성은 다음과 같음

항 목	사 양
CPU	Intel Processor 1.0GHz 또는 동등 성능 이상
Interface	RS232, RS485, Ethernet
입력신호	자동/VHF/ASTRO/TETRA/LTE-R 스위치
제어신호	VHF, ASTRO, TETRA, LTE-R Select
전원	70~110 VDC (차량제공 전원 사용)
환경	동작온도: -35℃ ~ 70℃
크 기	제작시 승인도면에 따름

O 추진 현황

- 한국철도시설공단 정보통신처를 중심으로 협의하여 표준안을 확정함
- 1차 자문회의 : 2018년 7월 31일

O 철도통신기술 국제표준화 추진

- 철도통신시스템 관련한 국제 표준은 3GPP, ITU-R, UIC 등에서 추진하고 있음.

(1) 3GPP

(가) 3GPP의 국제표준화 활동 현황

o 3GPP FRMCS(Future Railway Mobile Communication System) 표준화

- 3GPP SA(Service Aspect)의 WG1(이하 SA1)과 WG6(이하 SA6)에서는 미래철도통신기술에 대한 표준화를 진행 중임.

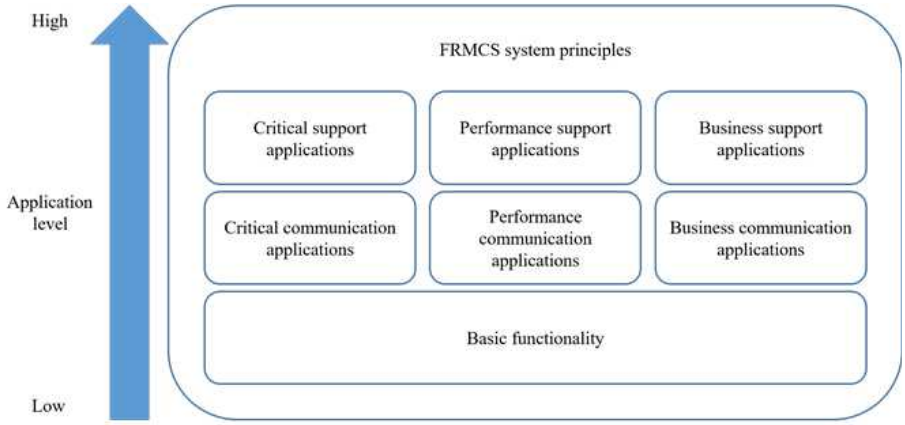
- 3GPP SA1의 표준화는 미래철도통신의 국제표준화를 미래철도통신의 요구사항을 도출하는 FRMCS 타당성조사 기술보고서(FS_FRMCS)와 기존 3GPP 통신서비스에 적용하는 FRMCS 규격화활동(MONASTERY)의 워크아이템으로 진행중임.

- 3GPP SA6에서는 SA1의 기술보고서와 규격화활동의 결과를 바탕으로, 기존에 SA6에서 진행중인 3GPP서비스인 MCPTT(Mission Critical Push-to-Talk)서비스에 적용하는 활동으로, 먼저 미래철도통신 서비스의 시스템구조를 규격화하는 타당성조사 기술보고서 제정활동(FS_FRMCS_Arch)을 진행 중임.

o 3GPP FRMCS 타당성조사 기술보고서

- 3GPP SA1에서 제정중인 FS_FRMCS 기술보고서는 TR22.889 문서로 진행중임. 이 기

술보고서는 7개 기술그룹의 81개 서비스/시스템 유스케이스 시나리오와 이를 기반으로 362개의 요구사항을 도출하였음.



[그림 3-197] TR22.889 FRMCS의 구성

- 본과제의 국제표준화 활동을 통하여 TR22.889에는 국내에서 제정한 TTA의 시스템표준 관련으로 FRMCS시스템원칙(System Principle)내 FRMCS 시스템 구현사례와 철도긴급통신, LMR(Land Mobile Radio) 연동 등의 시스템 요구사항 및 사례가 포함되어 있음.

- 본 과제를 통해서 FS_FRMCS(Rel.15) 및 FS_FRMCS2(Rel.16) 기술보고서의 공동제안자(Co-signer)로 기술보고서의 제정 활동에 주도적으로 참여하였음.

o 3GPP MONASTERY 기술규격화 활동

- 3GPP SA1에서는 TR22.889에서 도출된 서비스 및 시스템 요구사항을 3GPP 서비스에 적용하는 활동을 수행하고 있음.

- 본 MONASTERY 워크아이템을 통해 금년 12월까지 제정활동을 진행할 예정으로 있는 3GPP Rel.15 기술규격에 포함하기 위하여 3GPP MCPTT서비스 관련 기술규격인 TS22.280(MCCoRe, Mission Critical Service Core Requirements), TS22.179(MCPTT, Mission Critical Push-to-Talk Requirements)에 미래철도기술 요구사항 중 다중사용자 음성통화 제어(Multi-talker Control)기술 요구사항과 사용자 역할 기반 음성통화 자동제어(Functional Alias) 기술 요구사항을 포함하는 것으로 개정하였음.

- 향후 3GPP Rel.16에서는 MONASTERY2 워크아이템을 통해서 TS22.179, TS22.280 뿐 아니라 TS22.281(Mission Critical Video Requirements), TS22.282(Mission Critical Data Requirements) 기술규격에도 FRMCS 기술요구사항을 제안할 예정임.

- 본 과제를 통해서 MONASTERY(Rel.15) 및 MONASTERY2(Rel.16)활동의 공동제안자(Co-signer)로 기술요구사항의 제안 및 반영 활동에 적극적으로 참여하였음.

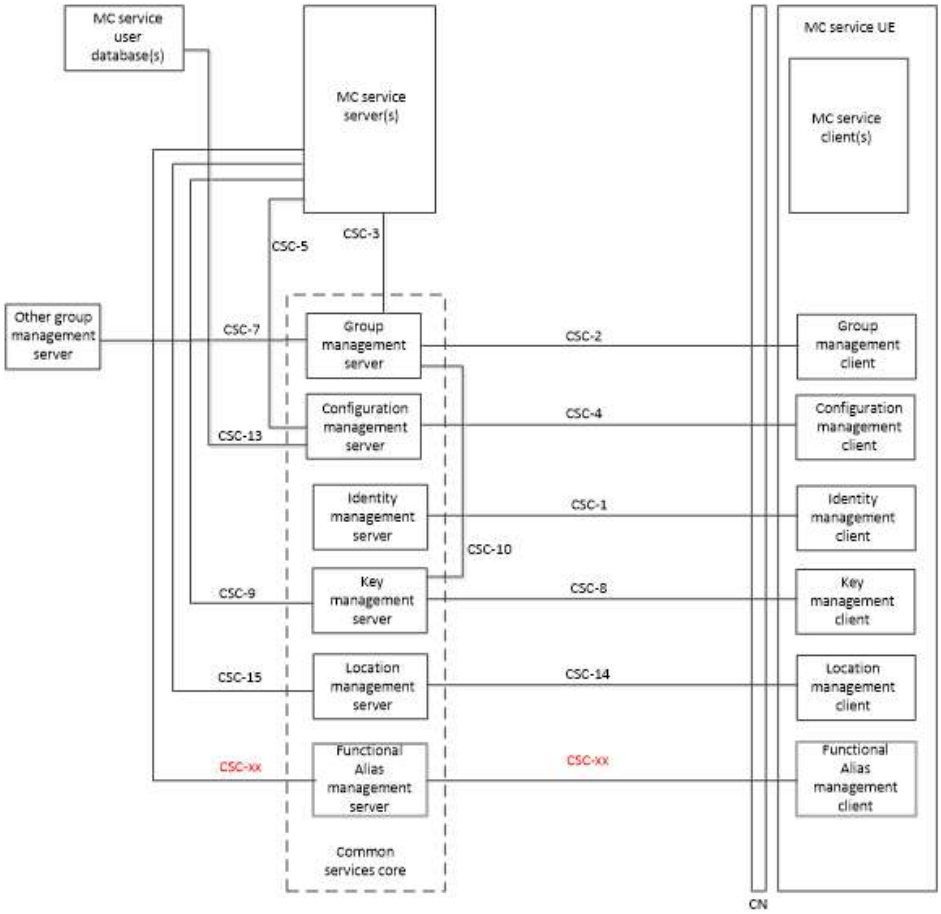
o 3GPP FRMCS 시스템구조 기술보고서

- 3GPP SA6에서는 FS_FRCMS_Arch워크아이템을 통해 FRMCS 시스템구조 기술보고서(TR23.790)를 진행하고 있음.

- 3GPP SA6에서는 SA1에서 진행한 Rel.15 관련 TR22.889(FS_FRMCS)와 TS22.179, TS22.180 (MONASTERY) 기술규격 개정 관련으로 3GPP 서비스인 MCPTT 기술규격에

반영 및 필요 서비스 연동 과 관련된 활동을 진행중임.

- 3GPP SA6에서는 TR23.790(FS_FRMCS_Arch)기술문서로 FRMCS의 시스템 구성요소를 도출하고 이를 MCPTT 시스템과 연동하는 시스템구조를 제정하고 있음.



[그림 3-198] TR23.790 FRMCS 아키텍쳐 기능 모델

- TR23.790의 제정과 함께 FRMCS와 관련된 3GPP 서비스 기술규격인 TS23.379(Mission Critical Service), TS23.280(Mission Critical Service Architecture), TS23.281(Mission Critical Video), TS23.282(Mission Critical Data)와의 시스템 구조적인 연동이슈에 대한 논의가 함께 진행되고 있음.

- 본 과제를 통해서 FS_FRMCS_Arch 기술보고서의 공동제안자(Co-signer)로 기술보고서의 제정활동에 적극적으로 참여하였음.

(나) 3GPP 국제표준활동 참여 결과

o 3GPP FRMCS관련 3개 워크아이템 제안활동

WI 번호	WI제목	워크그룹	Rel 버전
FS_FRMCS	Fesibility Study of Future Railway Mobile Communication System	SA1	Rel.15
MONASTERY	Mobile Communication System for Railway	SA1	Rel.15
FS_FRMCS2	Fesibility Study of Future Railway Mobile Communication System 2	SA1	Rel.16
MONASTERY2	Mobile Communication System for Railway 2	SA1	Rel.16
FS_FRMCS_Arch	Fesibility Study of Future Railway Mobile Communication System Architechture	SA6	Rel.15

o 3GPP FRMCS관련 기고 활동

기고서 번호	기고서 제목	제안회의
SA1-173376	Guidance on FS_FRMCS2 contributions	3GPP SA1#79
SA6-170953	Comments on FS_FRMCS_Arch	3GPP SA6#18

(다) 3GPP 국제표준화 활동 전략 및 참여 효과

o 3GPP 국제표준화 활동 전략



[그림 3-199] 3GPP 국제표준화 활동 전략

o 3GPP 국제표준화 활동의 효과

- LTE-R 시스템의 국제 표준화를 통하여 사업기술의 수출기회, 조달물품의 가격효율성을 강화시킴.

- LTE-R 및 미래철도시스템의 호환성을 증진시켜 시스템 진화의 연속성 보장과 마이그레이션 비용을 최소화할 수 있음.

- 국내 사물인터넷 기술 연계를 통한 철도서비스 글로벌 신규시장을 창출하고 철도시스템 운영 및 대고객 서비스를 대상으로 사물인터넷 기술 융합을 통한 신규시장 창출이 가능함.

o 3GPP 승인문서

순번	문서번호	제목	회의명

1	S1-163125	실시간 영상데이터 전송에 대한 USE CASES	SA1#76
2	S1-163405	FRMCS 서비스 및 장치 프레임워크에 대한 위치 USE CASES	SA1#76
3	S1-163406	Interworking with legacy systems including GSM-R and TRS 에 대한 USE CASES	SA1#76
4	S1-163407	미래철도이동통신시스템 (FRMCS) 기본원칙 개요	SA1#76
5	S1-170330	광대역미션크리티컬 연속서비스에 대한 USE CASES	SA1#76-bis
6	S1-170332	실시간열차상태모니터링 관련 통제기능 서비스 제공에 대한 USE CASES	SA1#76-bis
7	S1-170333	LMR과 연동 동안 통화우선순위 제공에 대한 USE CASES	SA1#76-bis
8	S1-171048	12.X USe case : Moving authority transmission	SA1#77
9	S1-171090	12.8.5 차이 분석 개정	SA1#77
10	S1-171091	12.9.5 차이 분석 개정	SA1#77
11	S1-171160	사용자 확인 방법에 대한 USE CASES	SA1#77
12	S1-171161	미래철도이동통신시스템 명명 확인 (naming authority)에 대한 USE CASES	SA1#77
13	S1-173376	미래철도이동통신시스템 가이드라인	SA1#79
14	S1-174426	FRMCS-3GPP 용어 Terminology	SA1#80
15	S1-174428	FRMCS System Principle update	SA1#80
16	S1-174434	usecase 12.6 reorganize	SA1#80
17	S1-174435	FS_FRMCS Editorials	SA1#80

(2) ITU-R

(가) ITU-R 국제표준화 활동 현황

- ITU-R SG5 에서는 열차와 선로주변 간 무선통신 주파수 조화를 위한 WRC-19 의제 1.11 관련, 각국의 철도시스템 현황을 정리하고, 철도 무선통신 응용을 위한 표준화 연구를 진행하고 있음.

- 논의배경은 여러 인접국가를 연결하는 철도의 확대 보급을 고려한 철도 무선통신 방식에 대한 관심이 증가하고, WRC-15에서 철도 무선통신 주파수의 조화에 대한 의제가 채택되어 세계적으로 공동 활용이 가능한 주파수를 찾는 연구를 진행중임.

(나) ITU-R 국제표준활동 참여 결과

- 기존 철도통신시스템 기술 특성 및 주파수 현황정보를 포함하는 신규 보고서(M.[RAIL.RSTT]) 초안 분리 개발 진행 및 CPM(Conference Preparatory Meeting) 텍스트 초안을 작성하고 있음.

* RSTT : Railway radiocommunication System between Train and Trackside

- CPM 텍스트에는 국제적·지역적 철도무선통신 조화 주파수 발굴을 위한 방법(지역별 조화 선 추진 후 국제적 조화 추진 등)에 대한 논의를 진행하여 합의된 사항을 기록하게 됨.

※ 일본에서 제안한 제3지역 조화 주파수 대역(안)

- 137-174㎒, 335-510㎒, 43.5-45.5㎓, 92-94㎓, 94.1-100㎓ 및 102-109.5㎓

- 기 작업 중이던 보고서(M.[RSTT])를 3개의 권고·보고서로 분리 추진

. 보고서 M.[RSTT.DESCRIPTION] : RSTT에 대한 기본 개념 및 구조

. 보고서 M.[RSTT.USAGE] : 각 국의 RSTT 시스템 특성 및 주파수 현황

. 권고 M.[RSTT] : RSTT 요구사항, 국제적·지역적 조화 주파수 발굴을 위한 주파수 현황 정리

* 국내 통합공공망용 700㎒ 대역 반영을 제안함.

(다) ITU-R 국제표준화 활동 전략 및 참여 효과

- 국내에서 운영중인 무선통신시스템을 정리하여 기술보고서 및 권고에 반영하도록 추진함
- 특히 통합공공망용 700㎒ 대역의 LTE-R을 중점적으로 부각시켜 우리나라 철도통신시스템을 세계적으로 공인하도록 하는데 주력함.
- 국내시스템에는 현재 사용 중인 VHF 및 TRS 그리고 열차방호 및 영상전송장치 등도 포함하고 있음.

o ITU-R 승인문서

순번	문서번호	제목	회의명
1	R15-WP5A-C-0429!!MSW-E	RSTT Usage 보고서 제안	R-SG5-18
2	R15-WP5A-C-0567!!MSW-E	RSTT Usage 보고서 수정 제안	R-SG5-19
3	R15-WP5A-C-0568!!MSW-E	RSTT 주파수 권고서 제안	R-SG5-19

RSTT : Railway radiocommunication System between Train and Trackside

(3) APG / AWG

(가) APG 국제표준화 활동 현황

- APG는 APT Conference Preparatory Group for WRC(World Radiocommunication Conference)의 약자로 국제적인 주파수 정책을 아시아 태평양 지역 국가들의 통합된 의견으로 제시함으로써 주파수와 그와 관련된 기술의 국제적인 영향력을 높이기 위한 활동임. 현재는 2019년에 열리는 WRC-19를 준비하기 위한 회의로 철도 주파수 이슈도 포함되어 있음.
- 우리나라는 열차-선로변 철도무선통신시스템에 700MHz 대역 주파수가 할당되어 활용될 예정이므로 국제적/지역적인 조화 가능성 논의에서 제외되지 않도록 노력이 필요하며, 우리나라에서 사용하는 다양한 철도주파수도 포함할 수 있도록 대응할 필요가 있음. 이에 따라 APG 잠정의견 문서에 'APT 멤버는 열차-선로변 철도무선통신시스템을 위한 국제적 또는 지역적 주파수 조화를 위한 연구를 지지하고 국제표준화 및 국제/지역주파수조화가 열차-선로변 철도무선통신시스템 구축을 촉진한다'는 의견을 도출하였음.

* ITU 및 APT에서 개발하고 있는 주파수 조화를 위한 연구에 한국의 700MHz 철도 주파수 등록되어 있음

- AWG에서 개발하고 있는 주파수 조화를 위한 연구에 참여하여 4건의 기고를 제출하고 보고서에 반영하였음.

O AWG 승인문서

순번	문서번호	제목	회의명
1	AWG-21/INP-68	MILLIMETRE WAVE RAILWAY RADIOCOMMUNICATION SYSTEM FOR PASSENGERS SERVICE	AWG-21
2	AWG-21/INP-72	Suggested Update of draft APT Report on RSTT	AWG-21
3	AWG-22/INP-74	Proposed Revisions of draft APT Report on RSTT	AWG-22
4	AWG-22/INP-78	RAILWAY RADIOCOMMUNICATION SYSTEMS FOR PASSENGERS' ACCESS TO INFORMATION AND INTERNET SERVICES	AWG-22

[4세부]

1. 추진전략

가. 가. 2차년도 추진전략

순번	연구성과	연구개발 추진전략
1	철도전용 무선통신망 차상인프라 기능 평가	- 기술요구사항 분석 및 정의 - 개발품별 시스템 엔지니어링 - 차상인프라 기능시험 절차 수립 - 차상인프라 현차시험 방안 수립
2	철도전용 무선통신망 지상인프라 기능 평가	- LTE-R 기술기준 수립 - 지상인프라 기능시험 절차 수립 - 지상인프라 현차시험 방안 수립
3	LTE-R, TRS-ASTRO/TETRA, VHF 각각의 서로 독립망 구축 및 운용에서 이기종 망간 상호 연동 기술 및 망운용 기술축적	- 국내외 기술개발 현황 조사 - 요구사항 분석 및 동향 조사 - 국내외 기술개발 현황 조사 - 요구사항 분석 및 동향 조사 - 시제품(구성품) 단위시험 - 시제품(구성품) 문제점 보완
4	요구사항 분석	- 기술요구사항 수집 및 분석 - 기술요구사항 정의 - 기술동향 수집
5	QoS제어시스템 기본 설계	- QoS 제어시스템 기본 설계 - QoS 분석시스템 기본 설계 - 시스템 기본 기능 정의 및 설계 - 철도 전용 (채널, 재난 등) 시나리오 정의 및 반영
6	QoS제어시스템 상세 설계	- QoS 제어시스템 상세설계 - QoS 분석시스템 상세설계
7	QoS제어시스템 시작품 제작	- 개발 환경 구축 - 시스템 구성 및 응용소프트웨어 구현 - 모듈별 기능 테스트 - 특허 출원
8	철도전용 무선통신 전용 단말기 설계	- 철도전용 무선통신 전용 단말기 설계
9	철도 전용 단말 요구 사양 수집/분석/정의	- 철도 전용 단말 기술 요구사항 수집,분석 및 정의 - 철도 전용 단말 연동 시나리오 분석 및 기능설계 - 요구사항 분석/정의 단계에서 HW 사양(주파수 대역 변경 여부 등) 확인후, 정부정책에 따라 철도용 주파수 대역이 변경될 경우 HW 설계 단계에서 적용
10	철도전용 무선통신 전용단말기 개발	- 철도전용 무선통신 전용단말기 개발 - 단말 성능 확보
11	PS LTE 단말 성능 확보	- PS-LTE 호환 기능 구현 - 기능 구현 및 Engineer Unit Test 진행
12	철도전용 단말 요구사양별 기능 시험	- 기능 구현 및 Engineer Unit Test 진행 - Engineer Field Test 및 연동 Test 진행 - 철도 전용 단말 요구사양별 기능 시험 - 기능 반영 Checklist 작성
13	차상단말기 개념설계 및 핵심기술 정의	- 현장적용을 위한 기능정의 - 핵심모듈 기술간 상호연동기술 분석

순번	연구성과	연구개발 추진전략
		- 현장적용을 위한 환경자료 분석
14	차상단말기핵심기술 개발 및 구현	- 시스템 기능 안정성 정의 및 설계 - LTE-R 망 연동을 위한 인터페이스 정의 - 차상단말기 PCB 설계 및 제작 - 차량제어인터페이스장치 설계 및 제작 - 차상단말기 운용 S/W 기본설계 및 환경 설정

나. 나. 3차년도 추진전략

순번	연구성과	연구개발 추진전략
1	300~350km/h 차상인프라 시험계획 수립	- 성능평가를 위한 개발품 설치 및 차량 섭외 방안수립 - 300~350㎞/h 성능평가 시험항목 선정 - 성능시험 절차 및 달성기준 정립
2	차상인프라 기술인터페이스 수행	- 개발 및 운영기관간의 상호협의를 위한 공청회 개최
3	300~350km/h 차상인프라 성능평가	- 300~350㎞/h 현차시험 절차서 작성 - 공인시험(TTA활용)수행
4	통신-신호간 상호요구사항 검토 및 인터페이스 항목 수립	- 통신～신호간의 상호협의를 위한 공청회 개최
5	열차제어시스템과의 통합시험(통신분야)	- 열차제어 연동시험항목 검토(통신분야) - 열차제어 연동시험절차 및 달성기준 정립(통신분야)
6	LTE-R 설계기준(안) 작성 (국가설계기준)	- LTE-R 설계기준자료 수집 및 분석 - 설계기준 초안작성 - 운용자 의견수렴 및 자문회의 - 설계기준개정(안) 작성 및 반영 요청
7	지상인프라 통신신뢰성 시험	- 300~350km/h 성능평가 시험항목 검토 - 지상인프라 성능평가시험계획서 작성 - 공인시험기관을 통한 성능평가진행
8	300~350km/h 고속이동시 무선 통신 신뢰성 시험 계획 수립	- 시험항목 및 성능검증 기준 검토 - 현차시험 절차서 작성
9	300~350km/h 고속이동시 성능검증	- 현차시험 수행 및 결과분석 - 시험결과보고서작성
10	열차제어시스템(KRTCS)과 LTE-R 연동을 위한 지상인프라 요구 조건 정의 및 망 설계	- KRTCS와 LTE-R 연동을 위한 지상인프라 요구조건 정의 - KRTCS와 LTE-R 연동을 위한 지상인프라 망 설계
11	열차제어시스템(KRTCS)과 LTE-R 연동을 위한 시험계획 수립	- 열차제어 연동시험 항목 및 성능기준 검토 - 열차제어 연동시험 방안 및 계획 수립
12	시작품 제작	- 상호연동시스템 시제품 제작
13	음성연동시험 수행	- LTE-R↔VHF, LTE-R↔TRS-ASTRO, LTE-R↔TRS-TETRA

순번	연구성과	연구개발 추진전략
		- 선택(1:N),전체(ALL)단위로연동 - 단계별속도시험:300~350km/h상호연동장치성능평가
14	제어/모니터링 연동시험 수행	- 채널변경,통화그룹변경 - 통화그룹 육안 모니터링 - 상호연동시스템실시간상태감시 - 정보처리,이벤트로그 - 단계별속도시험 수행(300~350㎞/h상호연동장치성능평가)
15	환경시험 및 신뢰성 시험 수행	- 적합성 인증시험 (정전기 발생 및 전파간섭에 대한적합성시험 만족여보 확인) - 환경시험 (상온시험, 고/저온 동작시험, 고습동작시험만족)
16	시제품(개발품) 시험계획 수립	- 시제품(개발품) 기능검증 시험계획 수립
17	시제품(개발품) 자체시험 및 보완	- 시제품(개발품) 기능검증 시험결과 도출
18	연동시험 계획 / 절차 수립	- 열차제어 QoS정책 수립 - 열차제어 기능시험 항목 도출 및 절차서 작성
19	인터페이스 정합 시험	- 차상단말 및 지상인프라(LTE/IMS), 열차제어시스템(ATP/ATO) 간 인터페이스 정합시험 - 열차제어에 적합한 QoS정책 제공시험
20	기능정의	- 연동인터페이스 정의 - PCC Rule 처리 - QoS 제어 - IP-CAN/AF Session처리 - Session Binding
21	기능시험 계획 / 절차 수립	- PCRF 정의에 적합한 시험항목 및 절차서 작성 - 기능시험에 따른 시험결과서 작성
22	실증시험 계획 / 절차 수립	- 300km/h급 성능시험수행 - 350km/h급 성능시험수행 - 성능시험에 따른 시험결과서작성
23	QoS 분석서버 제작	- QoS분석 서버 시작품 설계 - QoS분석 서버 시작품 구현
24	QoS 분석 앱 제작	- QoS분석 앱 시작품 설계 - QoS분석 앱 시작품 구현
25	전용 휴대단말기 신뢰성 시험	- 재난안전통신망과 연동 및 VoLTE 전용망을 활용하는 타 사업간에도 연동 될 수 있는 형태의 단말기를 개발
26	전용 휴대단말기 통신시험	- 300~350km/h 성능테스트 진행및 안정성 확보
27	기능 구현 및 Unit Test(기능별 테스트 진행)	- SW 기능별 안정화 테스트 진행및 안정성 확보
28	KC인증	- KC 인증의뢰 및 인증서 제출
29	운용조작반 기구설계 및 제작	- 시제품 제작을 위한 사양서,도면작성

순번	연구성과	연구개발 추진전략
		- 규격에 따른 시제품 설계 및 제작
30	운용조작반 기구설계 및 제작	- 시제품 제작을 위한 사양서,도면작성 - 규격에 따른 시제품 설계 및 제작
31	LTE-R 제어기 기구설계 및 제작	
32	차량제어인터페이스장치 기구설계 및 제작	
33	차량용 통합안테나 기구 설계 및 제작	
34	지상기지국 연동 기능 및 성능 시험	- 성능평가를 위한 개발품 설치 및 차량섭외 방안수립 - 300~350km/h 성능평가 시험항목 검토 - 성능평가 절차 및 달성기준 정립
35	차상단말기 간 연동 기능 및 성능 시험	
36	통화 연동시험	

다. 다. 4차년도 추진전략

순번	연구성과	연구개발 추진전략
1	350Km/h 성능시험 및 평가 (차상분야)	- 운행속도 350㎞/h 에서 차상인프라 성능평가 - 공인기관 시험성적서 취득(차상분야)
2	공사규격제정(차상분야)	- 실용화를 위한 공사규격서 제정
3	철도표준규격(KRS) 제정 지원 (한국철도공사)	- 철도표준규격(KRS) 제정(안) 지원 - 대상 : 열차이동국, 휴대국
4	LTE-R 설계 지침 및 기준 분석 개정안 제시 및 반영요청	- 설계기준 및 설계지침 개정(안) 작성 - 내외부 자문위원 자문회의 - 관계부처에 개정(안) 반영 요청
5	350Km/h 성능 시험 및 평가 (지상분야)	- 운행속도 350㎞/h 에서 지상인프라 성능평가 - 공인기관 시험성적서 취득(지상분야)
6	LTE-R 설계지침 및 기준개정(안)	- LTE-R 설계기준(안) 제안 - 개정안 요구
7	철도표준규격(KRS) 제정 지원 (한국철도시설공단)	- 철도표준규격(KRS) 제정(안) 지원 - 대상 : 열차이동국, 휴대국
8	350km/h 고속이동시 지상인프라 성능검증	- 현차시험 수행 및 결과분석 - 시험결과보고서작성
9	시험망 현장 유지관리	- 현장유지관리 일지
10	시험선 지상인프라 원상복구	- 시험종료 후 현장설비 원상복구
11	350km/h 속도에서 상호연동장치 성능검증	- 채널변경,통화그룹변경 및 육안 모니터링 - 상호연동시스템 실시간상태감시 - 정보처리,이벤트로그 - 350㎞/h 속도에서 성능시험
12	열차제어시스템 인터페이스 기능 시험	- 열차제어시스템의 QoS정책 반영 - 열차제어시스템 연동항목에 따른 기능시험 시행
13	열차제어시스템과 연동시험(현차시험) 지원	- 열차제어시스템과 연동시험(현차시험) 지원

순번	연구성과	연구개발 추진전략
14	휴대단말 KC인증	- KC 인증의뢰 및 인증서 취득
15	휴대단말의 350㎞/h 운행속도에서 통신 성능시험 (MC-PTT 통화 검증 등)	- 350㎞/h 속도에서 통신성능시험 및 철도표준규격(KRS) 제정 지원 - 휴대단말기 통화시험 및 기능검증
16	휴대단말에 UHD 간섭제거필터 인터페이스 설계, 검증 및 시제품제작	- 공공망 주파수 인근 UHD방송에 의한 간섭제거용 필터 인터페이스 회로설계 - 필터적용 간섭제거 성능검증 - 시제품 제작
17	350㎞/h에서 차상단말기 기능시험 (MC-PTT 통화 검증 등)	- 350㎞/h에서 통화 항목별 통화 기능시험(현차시험)
18	350㎞/h에서 차상단말기 성능(통신품질 등)능시험	- 350㎞/h에서 통화 항목별 통화 성능시험(현차시험) - 차량 안테나 IP67 기준, 내구성 시험
19	차상단말기 열차제어 인터페이스 기능시험	- 열차제어기능시험(현차시험) 지원
20	차상단말기 350㎞/h에서 음성 및 데이터통신 시험	- 열차기동 등 열차정보 전송시험
21	신호-통신 연동시험 지원	- 신호-통신 연동시험(현차시험) 지원

2. 1. LTE 기반 철도전용 무선통신망 지상인프라 구축 및 성능검증

가. LTE 기반 철도전용 무선통신망은 3GPP 표준 LTE 기반의 LTE-R 코어망, LTE-R 무선 액세스 망으로 구성된다. 음성서비스, 영상서비스 및 데이터 서비스를 제공하는 네트워크 인프라를 말하며, LTE 기반 철도 통신시스템/사용자 요구사항을 분석 및 정의하여 LTE-R 지상인프라를 설계·구축하였다.

나. LTE-R 지상인프라 기능 요구사항 및 정의

(1) 주요 무선통신 품질 기준

항 목	내 역
호 접속 성공률	99% 이상
호 설정 시간	긴급통화 2초 이내 기타통화 3.5초 이내(95%), 5초 이내(100%)
호 절단율	시간당 0.01회 이내
패킷 지연시간	500ms이내(99%)
패킷 연속 절단 시간	5초 이내
데이터 전송속도	하향링크: (차상) 4Mbps이상, (휴대) 2Mbps이상 상향링크: (차상) 3Mbps이상, (휴대) 1Mbps이상

※ 「도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체구축 및 성능평가」, TTAK.KO-06.369, TTAK.KO-06.370 적용

- 패킷 지연 및 패킷 연속 절단 시간은 열차제어신호 서비스 제공위한 최소 기준임.(GSM-R)

(2) LTE-R 지상인프라 성능 세부 기준

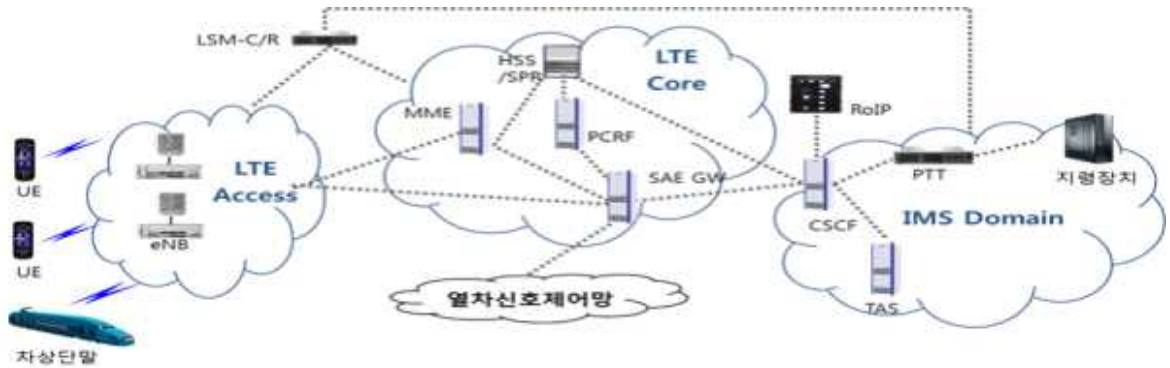
항 목	내 용
LTE-R 망구성의 적정성	LTE-R 망구성의 적정방안 제시 (EPC, DU, RRU 등)
주요 구성품 이중화	안정성 및 가용성을 위한 이중화 기준제시
RRU 적정간격(터널, 개활지)	개활지 및 터널 기지국 간격 최적화
DU간 핸드오버 및 전파간섭 환경조사	DU간 핸드오버시 전파간섭 여부 제시
RRU간 핸드오버 및 전파간섭 환경조사	RRU간 핸드오버시 전파간섭 여부 제시
전계강도 측정시험 결과	RRU 출력값 제시
커버리지 측정시험 결과	시간 공간적으로 연속이며, 98% 이상 안정상 보장
통화설정시간	긴급통화, 방송 및 그룹통화별 통화설정 시 시간정의
핸드오버 성공율	끊김없는 데이터 전송보장을 위한 기준으로 99%이상 보장
호접속 성공율	통화호 접속 성공률로 99%이상 보장
장시간접속 절단율	장시간 통화를 하면서 시간당 0.01회 이하의 절단율 보장
데이터전송 성공율	열차제어 데이터 전송을 위해 99%이상 신뢰도 보장
데이터전송 지연시간	장비 버퍼링에 따른 총 지연시간 값 제시
연속패킷 손실율 측정 결과	연속데이터 전송시손실율 제시

다. LTE 기반 철도전용 무선통신망 지상인프라 설계

(1) 지상인프라 구성장비 정의 및 망 구성

나) LTE-R 망 구성

다) LTE기반 철도 전용 서비스를 제공하기 위하여, 3GPP LTE 29표준 구조를 기반으로 최소의 네트워크 장비 구성으로 효율적인 네트워크망을 구성하기 위해 3GPP TS23.228 "IP multimedia subsystem(IMS)" 및 3GPP TS23.401 "GPRS for E-UTRAN Access") 표준을 참고하였다.



<그림 3-200> LTE-R 망 구성도

라) LTE-R 망을 경제적이고 효율적으로 구성하기 위하여, 센터 장치(LTE Core, IMS)에 가상화 기술을 적용하여 필요한 하드웨어 구성을 최적화하고, 현장 장치(LTE Access)는 전철주 설치에 적합한 경량의 장비이며 전력 단절 시 2시간까지 망을 유지시키는 안정성을 가져야 한다.

<표 3-103> LTE-R 지상인프라 구성장비 정의

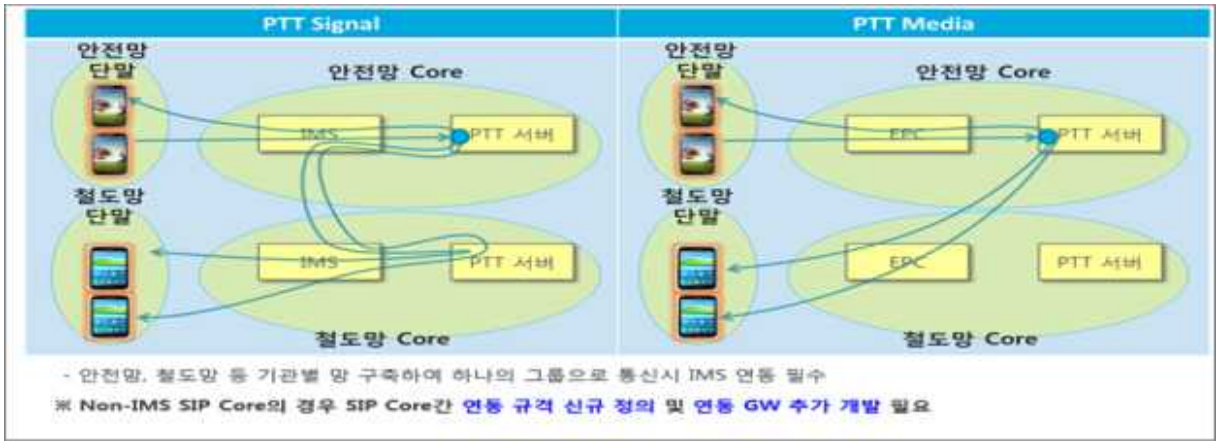
장치	수량	설 명	비고
MME + PCRF	1	- MME: LTE Core를 구성하는 NE(network entity) 중 하나로 단말의 mobility management 및 session 관리, 단말의 인증, handover control 그리고 eNB, MME, S-GW와 연동하여 control plane을 처리함 - PCRF: LTE core를 구성하는 NE 중 하나로 QoS 및 과금을 위한 정책을 생성하는 역할을 수행	센터 장치 (LTE Core)
SAE GW	1	- User plane을 담당하며 UE와 PDN망 사이의 user data를 routing, forwarding하며 MME, eNB와 연동하여 signal 및 data를 처리	
LSM-C	1	- Core 및 PTT 통합 관리	
LSM-R	1	- DU 및 RRU 통합 관리	
HSS/SPR	1	- 가입자 프로파일 정보를 관리하는 시스템 - HSS: EPC 및 IMS망에서 인증 및 session 제어를 위해 필요한 가입자 정보를 각 NE에 제공한다. - SPR: subscription-based policy와 IP-CAN bearer level charging rule생성에 필요한 가입자 정보를 PCRF system에 제공	
CSCF + TAS	1	- CSCF: IMS를 구성하는 NE 중 하나로 다양한 IMS 서비스를 제공하기 위해 세션 상태를 관리하며, 사용자의 서비스 profile에 따라 SIP signal을 특정 application platform으로 전송하는 역할을 수행 - TAS: IMS를 구성하는 SIP AS(Application Server)로 음성 부가서비스를 제공	센터 장치 (IMS)
PTT	1	- 개별 음성/영상 PTT, 그룹 음성/영상 PTT, 회의통화, 파일 전송 등 다양한 멀티미디어기반 PTT 서비스를 제공	
지령장치	1	- 그룹통화, 개별통화, 영상 PTT통화, 비상통화 등 통화모드를 지원하고, 각종 데이터 송·수신 기능을 제공	
DU	4	- LTE-R 기지국의 디지털 처리 장치	현장 장치 (LTE Access)
RRU	40	- LTE-R 기지국의 RF 신호 처리 장치	
RRU 정류기	40	- RRU의 전력 공급 장치	

마) IMS 기반 솔루션

① IMS 기반 PTT 솔루션을 채택한 재난안전통신망과의 연동

바) LTE-R은 안전망과 필수 연계망으로서 안전망과 별개로 망을 구축하더라도 안전망과 하나의 그룹으로 통합된 PTT 통신이 가능해야 한다. 이를 위해서는 두 독립된 망간의 연동이 필요하고 표준화된 IMS 시스템을 모두 사용할 경우 추가적인 투자나 개발이 없이 연동 가능해야 한다.

사) Call 서버를 통한 VoIP기반 PTT 통신이 어느 한 망에서 사용될 경우는 연동 규격의 정의 및 연동 게이트웨이와 같은 시스템의 개발이 필요하다.



<그림 3-201> 재난안전통신망과의 연동 구조도

② 데이터 기반 서비스 제공을 위한 국제표준 시스템

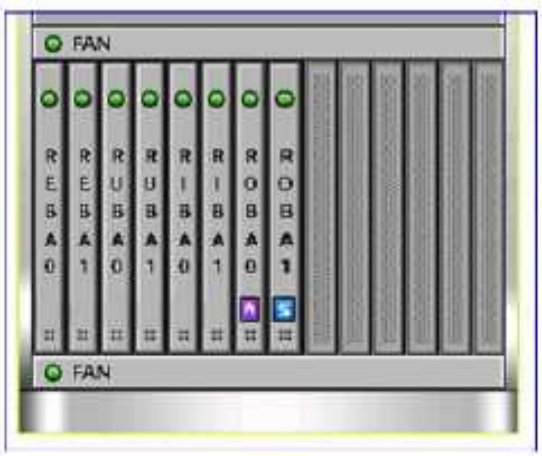
아) IMS는 LTE 표준 기술을 기반으로 한 IP기반 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 시스템으로 PTT, 음성, 영상 통화 등 데이터 서비스에 적합하고 기존의 데이터 서비스와의 호환성이 높다. (※ 참고 표준 문서: 3GPP TS23.228 "IP multimedia subsystem(IMS)")

자) 지상인프라 구성장비의 이중화

① EPC 이중화

차) EPC 이중화는 하드웨어의 장애를 지속적으로 감지하고 장애가 발생시 장애통보를 받은 제어장치는 장애 발생한 보드 위의 모든 노드에 대해 Active(운용)/Standby(대기) 노드간 절체를 수행한다.

카) 이중화 절체 시간은 VoLTE 통화와 같은 지연시간에 민감한 서비스도 호 단절이 발생하지 않을 정도로 짧은 시간이 소요됨



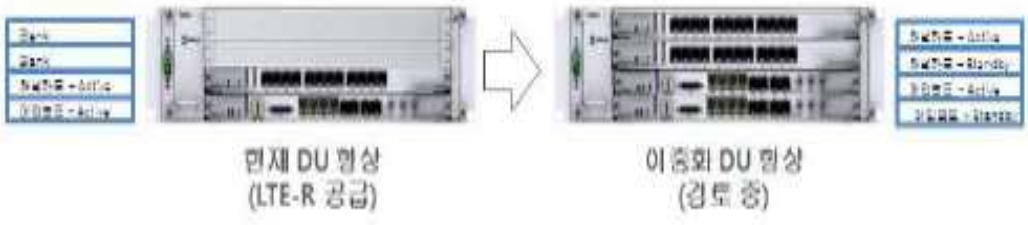
보드명	EPC장치	수량	비고
ROBA	OAM&Switch	2	이중화
RIBA	CSCF/TAS	2	이중화
RUBA	SAE-GW	2	이중화
REBA	MME/PCRF	2	이중화

<그림 3-202> EPC 보드 이중화

② DU 이중화

타) DU 이중화는 하나의 DU에 연결된 RRU가 중첩된 커버리지를 형성한 경우 이중화된 대기상태의 DU를 설치하여, DU 중 하나의 장애가 발생하더라도, 이중화된 DU를 통해 지속적인 서비스를 제공할 수 있는 기능이다.

파) 또한, 2개의 안테나를 통한 MIMO 기반 RRU에서 하나의 안테나에 장애가 발생할 경우 다른 하나의 안테나로도 서비스가 되는 SISO 모드로의 전환도 가능하다.



<그림 3-203> DU 이중화 형상

(1) (2) 열차제어시스템 연동을 위한 LTE-R망 설계

하) 열차제어 데이터 서비스 성능목표

<표 3-104> 열차제어 데이터 서비스 성능목표

성능 파라미터	성능 목표
RF 수신레벨	RSRP -95 dBm (98% 이상 무선 커버리지 제공)
열차제어 데이터 수신성공률	99% 이상
열차제어 데이터 전송 지연	300ms 이내

① RF 수신레벨 : 열차가 이동하는 선로사항에서 98% 무선 커버리지를 결정하기 위한 RF 수신신호 레벨

② 열차제어 데이터 수신 성공률 : LTE-R 무선통신망을 통해 열차제어 데이터를 전송할 때 차상단말(열차이동국)에서의 데이터 수신 성공률

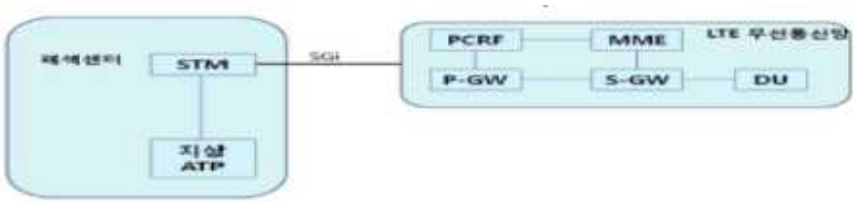
③ 열차제어 데이터 전송지연 : 무선폐색센터(RBC)에서 생성된 제어권 정보가 LTE-R 무선통신망의 코어망과 액세스 망을 통해 차상단말까지 도달하는데 소요되는 시간

3. (나) 열차제어시스템과 LTE-R 무선통신망 간 연동구조

① 무선폐색센터(RBC)

가) 열차제어 데이터 서비스는 RBC와 차상단말 간 열차제어권 정보를 LTE-R 무선통신망을 통해 전송함으로써 이루어지며, 이를 위해 발리스로부터 차상장치로 전달된 데이터그램 정보를 RBC에 전달하는 절차가 동작되어야한다.

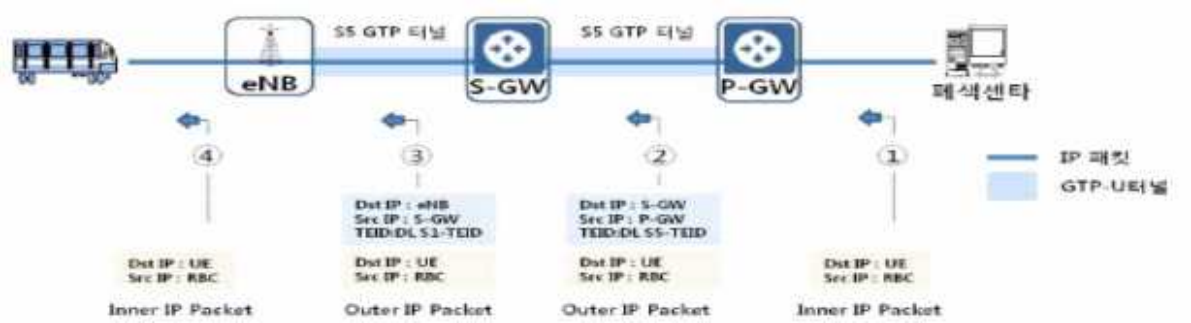
나) RBC와 LTE-R 무선통신망 간 연동구조는 RBC의 STU와 LTE-R의 P-GW와 접속되어 있다.



<그림 3-204> 열차제어시스템과 LTE-R 무선통신망 간 연동 구조

다) RBC에서 차상단말로의 제어 데이터 전달절차는 열차제어 데이터용 IP패킷이 S1-U

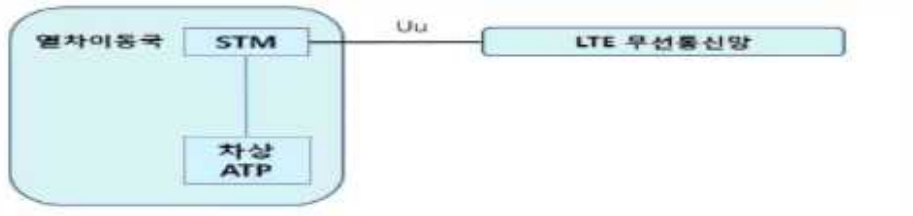
및 S5 인터페이스 상에서 각각 GTP 터널을 통하여 전송하는 것으로 이루어진다.



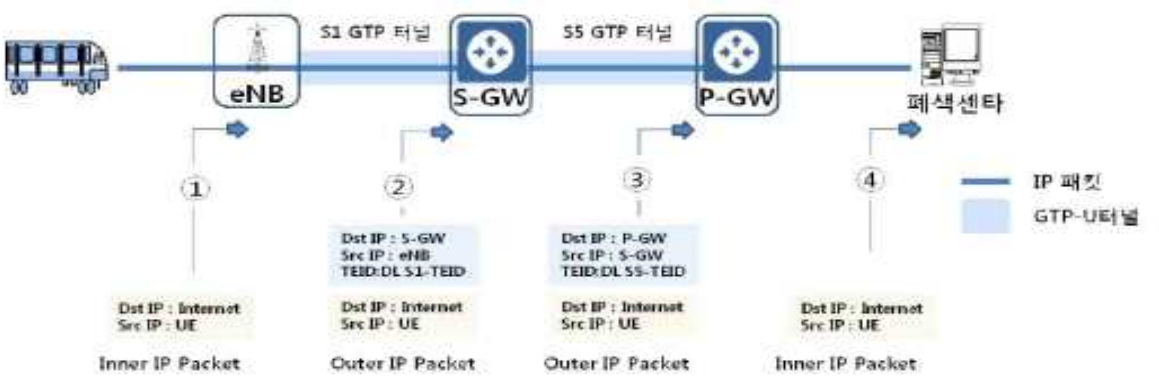
<그림 3-205> RBC에서 차상단말로의 제어 데이터 전달 절차도

② 열차이동국

라) 열차이동국과 LTE-R 통신망 간의 연동구조는 열차이동국의 STM과 LTE-R 통신망이 연동되어있는 구조로 열차이동국으로 부터 폐색센터로의 데이터 전달절차는 다음의 그림과 같다.



<그림 3-206> 열차이동국과 LTE-R 무선통신망 간 연동구조



<그림 3-207> 열차이동국으로부터 폐색센터로의 데이터 전달 절차도

나. LTE-R 지상인프라 구축

(1) LTE-R 지상인프라 구축 개요

나) LTE-R 지상인프라 망 구축 및 최적화

① 구축기간 : '15.12.28. ~ '16.2.14 (구축공사 및 망 최적화)

② 구축장소 : 정읍시험센터 및 호남고속선 익산~정읍 34.3km

- 고속시험구간 28km(오기 105.000 ~ 133.000km)
- 노령터널구간 6.3km(오기 145.380 ~ 148.680km)

③ 구축장비

- 장비설치 : Core 시스템, DU(디지털 신호처리 장치), RRU(원격 무선 기지국)
- 케이블 공사 : 전원/접지 공사, 광케이블 포설

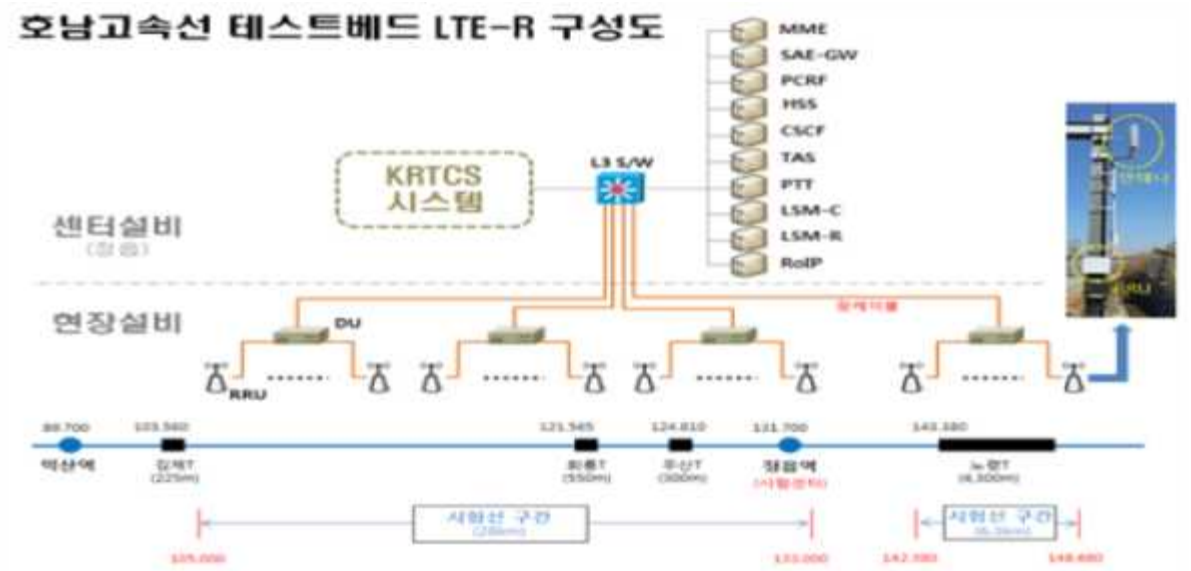


<그림 3-208> LTE-R 지상인프라 구축 개략도

<표 3-105> 주요설비 구축현황

구 분	주요공정	단위	수량	실적	진도율	비고
정읍 시험센터	중앙제어설비 (EPC)	식	1	1	100%	MME, S/P-GW, HSS, LSM-C, LSM-R, IMS, PTT, QoS, 지령대 등
현장설비 (선로변)	DU	대	4	4	100%	감곡구분소 : 2대 정읍센터 : 1대 노령신호실 : 1대
	RRU (안테나 포함)	개소	40	40	100%	개활지 : 28대 터널 : 12대
	광케이블	km	34.3	34.3	100%	
	전원케이블	km	28	28	100%	
	접지케이블	km	5	5	100%	

다) 계통도



<그림 3-209> 호남고속선 테스트베드 LTE-R 계통도

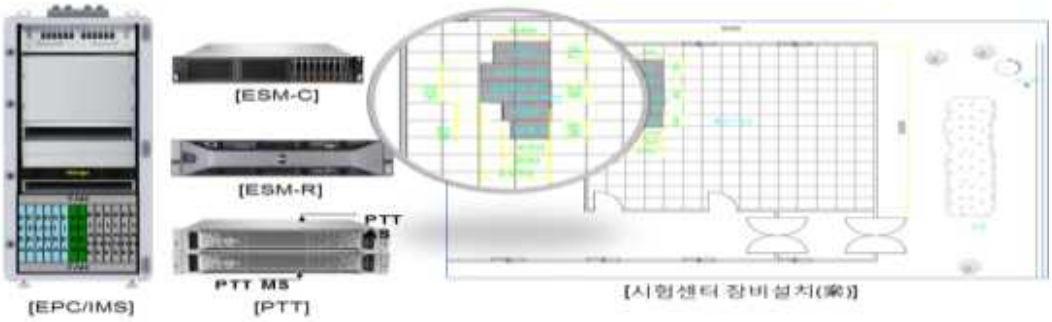
(1) LTE-R 지상인프라 망 구축

라) Core 장비 설치

① 설비위치 : 정읍시험센터 內

② 장비수량 : EPC/IMS, LSM-C(PTT 포함), LSM-R(HSS 포함), 정류기, RoIP, DU 1식

③ 설치방안 : 시험센터 이중마루에 랙 설치



<그림 3-210> Core 장비 설치(안)

마) DU 장비 설치

① 설비위치 : 감곡SP 2식, 노령InEC 1식, 정읍시험센터 1식

② 장비수량 : DU 4식

③ 설치방안

- 감곡SP : 무인국사 건물 뒤편 하선측 맨홀 옆, 하중분산패드 위에 옥외형장비 설치
- 노령InEC : 무인국사 건물 뒤편 하선측 맨홀 옆, 하중분산패드 위에 옥외형장비 설치
- 정읍시험센터 : Core 장비 옆 옥외형장비 설치



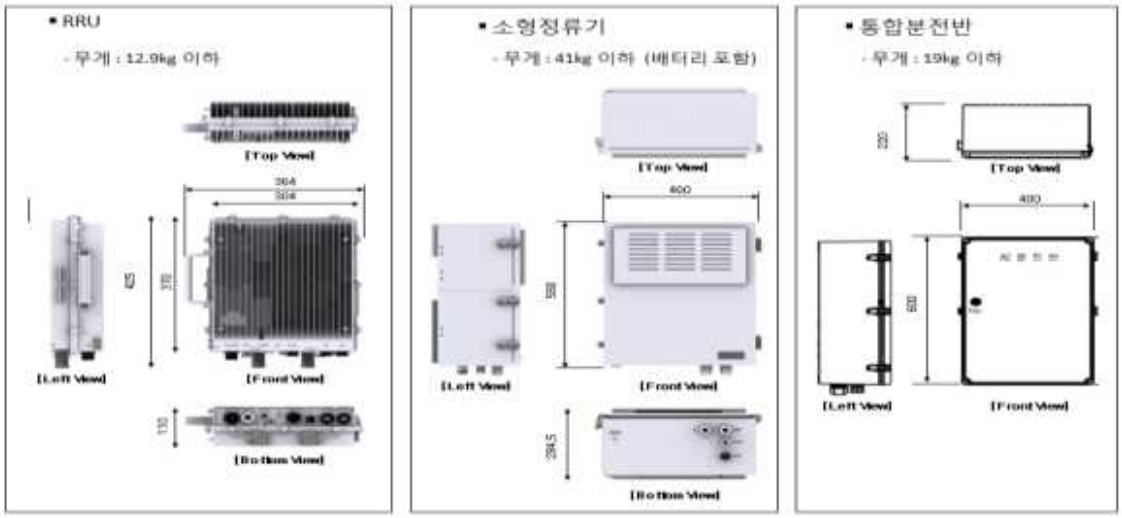
<그림 3-211> DU 장비 구성도 및 설계도

바) RRU 장비 설치

① 설비위치 : 개활지 구간 약 1km 간격 하행 전철부 취부, 터널 구간 0.5km 간격 벽에 취부

② 장비수량 : 개활지 구간 28대, 터널 구간 12대

③ RRU 시스템 주요 구성품 : RRU, 정류기, 분전반, 안테나



<그림 3-212> RRU 시스템 주요 구성품(RRU, 정류기, 분전반



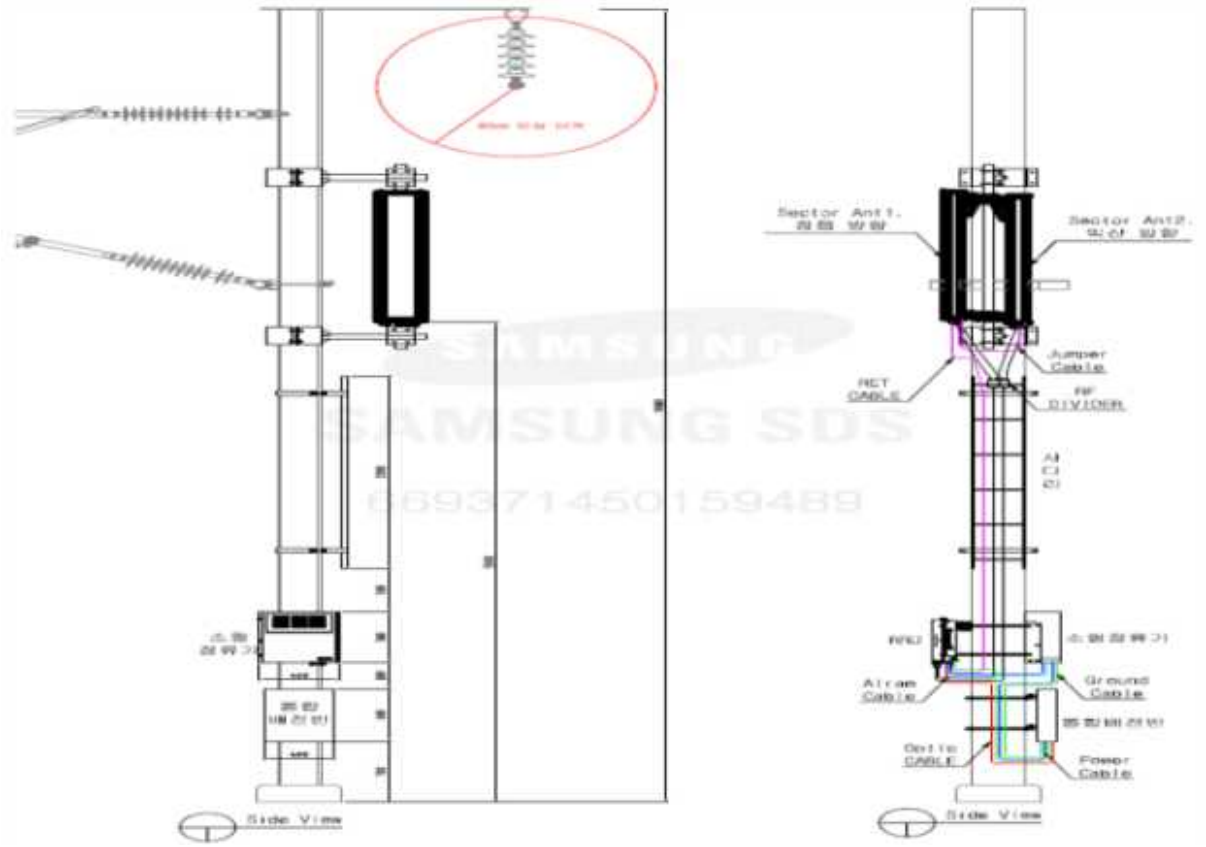
<그림 3-213> 안테나(전철주 용/ 터널내 용)

<표 3-106> RRU 장비 구성품 제원

자 재 명	수 량	Size	무게	재질
RRU	1Set	304 × 110 × 370	12.90 Kg	알루미늄 (도장)
정류기	1Set	460 × 284.5 × 580	41.00 Kg	알루미늄 (도장)
분전반	1Set	600 x 800 x 300	19.00 Kg	PC
RF 안테나	1Set	300 x 160 x 1500	13.50 Kg	PC
RF 디바이더	1Set	131.4 x 26 x 11.4	0.60 Kg	알루미늄 (도장)
RF 케이블	7m x 2본	1/2" RF Cable	3.92 Kg	PC
RRU 거치대	1Set	105 x 400 x 4.5t	2.92 Kg	SS
정류기 받침대	1Set	468 x 445 x 90	10.18 Kg	SS
분전반 거치대	1Set	50 x 50 x 4t	4.00 Kg	SS
안테나 거치대	1Set	305 x 305 x 600	46.60 Kg	SS
사다리	1Set	305 x 305 x 2200	22.48 Kg	SS
합 계			180.14 Kg	

④ 설치방안

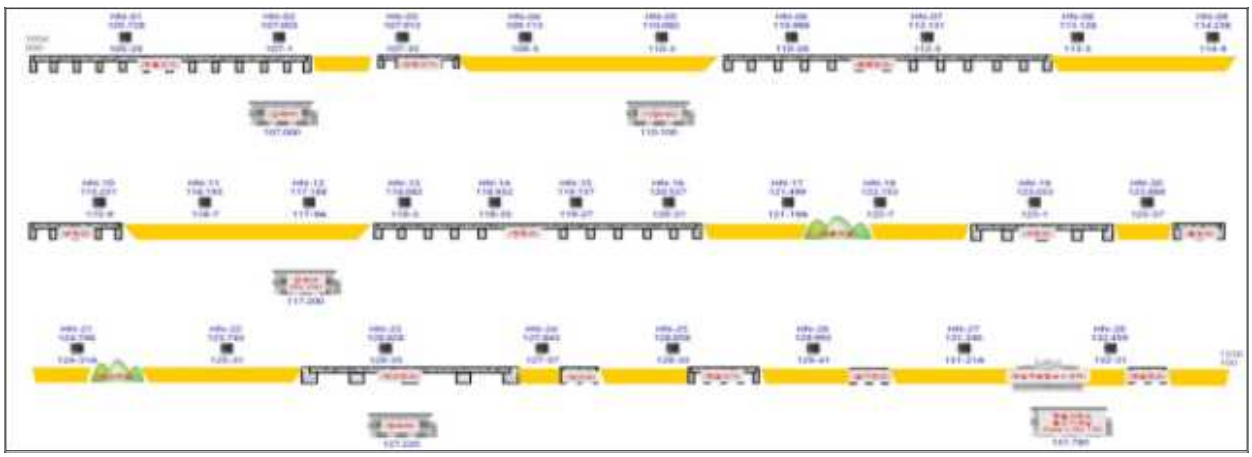
- RRU 시스템 전철주 부착방안



<그림 3-214> RRU 시스템 전철주 부착 방안 설계도

사) LTE-R 지상인프라 셀구성 현황

① 시험망 셀 구성도



<그림 3-215> 시험망 셀 구성도

② 시험망 셀 구성현황

<표 3-107> 시험망 셀 구성 현황

DU	감곡SP-1		감곡SP-2			정읍사무소-1	
DU_ID	100		101			102	
Cell	0	1	0	1	2	0	1
PCI	1	10	30	40	50	60	70
RRU ID	HN_01 HN_02 HN_03 HN_04	HN_05 HN_06 HN_07 HN_08	HN_09 HN_10 HN_11 HN_12	HN_13 HN_14 HN_15 HN_16	HN_17 HN_18 HN_19 HN_20	HN_21 HN_22 HN_23 HN_24	HN_25 HN_26 HN_27 HN_28
DU	노령InEC-1						
DU_ID	103						
Cell	0	1	2				
PCI	90	100	110				
RRU ID	HN_29 HN_30 HN_31 HN_32	HN_33 HN_34 HN_35 HN_36	HN_37 HN_38 HN_39 HN_40				

* PCI(Physical Cell ID) : LTE-R 시험망의 경우 고속이동환경을 고려하여 4개의 RRU를 묶어 하나의 가상셀(virtual cell)로 구성

아) LTE-R 망 구축 전경

① LTE-R 코어망 센터



정읍시험센터



정읍시험센터 코어장비(EPC 등)

<그림 3-216> 정읍시험센터 전경 및 코어설비 구축

② 개활지 현장설비(DU, RRU 등) 설치



D U



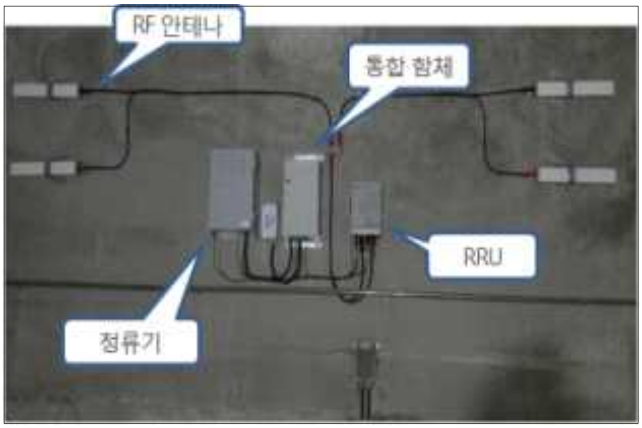
개활지 RRU

<그림 3-217> 개활지 현장설비

③ 터널내 RRU 설치



<그림 3-218> 터널내 RRU 및 관련장비 설치



<그림 3-219> 터널 내 현장설비

라. LTE-R 지상인프라 250km/h 속도대역 무선통신 신뢰성 및 성능검증

(1) LTE-R 지상인프라 자체검증 개요

자) 자체검증 개요

① 시험개요

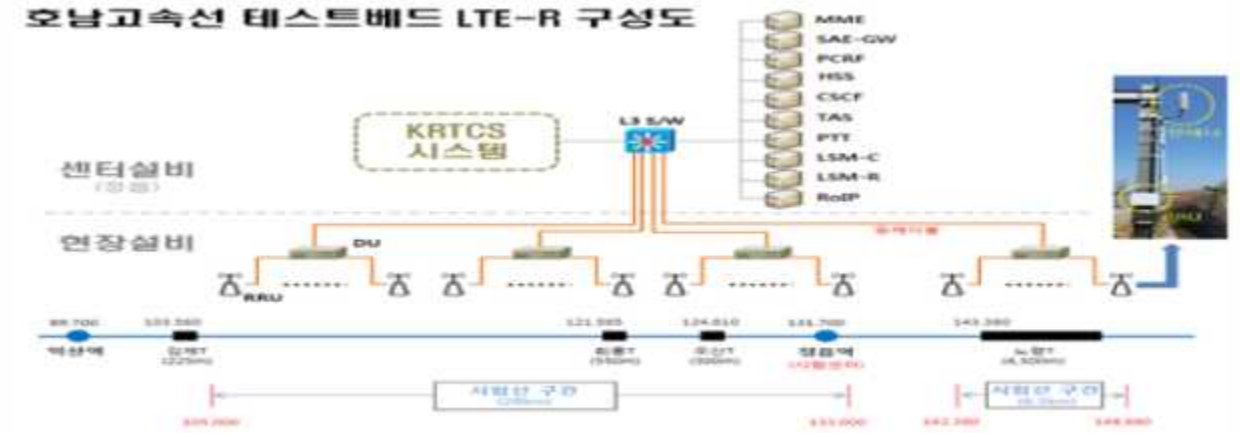
차) 250km/h~300km/h 운행속도에서 LTE 기반의 철도전용 무선통신망(LTE-R)에 대한 성능시험을 통하여 무선통신망을 최적화하고 신뢰성을 검증하고자 수신신호 품질, 상/하향 데이터 전송 속도, 핸드오버 성공율, 패킷 손실율 등 통신 신뢰성, 안정성 등 무선 신호 품질 측정

② 시험기간 : 2016. 2. 15. ~ 2. 25.

③ 시험조건

- 시험구간 : 호남고속선 익산~정읍 구간(총 34.3km, 노령터널 4.3km 포함)
- 시험차량 : KTX-36호 / KTX-36호(검측실) 및 일반 KTX(객실 및 통로)
- 시험장비 : 상용노트북, 고구려 DM, 시험용 단말, Micro USB 케이블, GPS 모듈
- 시험환경 : 최저기온 -5.3℃ (기상청 정읍 무인관서 기록 기준), 습도 77.9%, 강우량 0.5mm

④ 시험구성도



<그림 3-220> 호남고속선 테스트베드 LTE-R 구성도

카)

타) 자체검증 주요 성능평가 항목 및 기준

<표 3-108> 지상인프라 자체검증 주요 시험항목

세부 항목	검증내용	4. 기준자료
LTE-R 망구성의 적정성	망구성의 적정성	5.
주요 구성품 이중화	주요구성품 이중화방안	6.
RRU 적정간격 (개활지, 터널)	커버러지 이중화 간격 최적화 검증	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서 3GPP TS 36.304
DU간 핸드오버 성공률	핸드오버 성공률 99%이상 간격 검증	TAK.KO-06.0369 TTAK.KO-06.0370
RRU간 핸드오버 성공률	핸드오버 성공률 99%이상 간격 검증	TTAK.KO-06.0369 TTAK.KO-06.0370
전계강도 측정	RRU 출력 신호 세기 46dBm±2dB 여부 검증	3GPP TS 36.101 6.2.1
커버리지 측정	커버러지 98% 이상 보장 간격 (RSRP -110dBm 이상, 휴대단말기 기준)	3GPP TS 36.304, 5.1.2.2
통화설정시간	긴급 : 2초 이내 100% / 그룹 : 2.5초 이내 100% 기타 : 5초 이내 100%	TTAK.KO-06.0369 TTAK.KO-06.0370
핸드오버 성공률	99% 이상 여부 검증	
호 접속 성공률	통화 호 접속 성공률 99% 이상 여부 검증	
장시간 접속 절단율	장시간 통화를 하면서 시간당 0.01회 이하의 절단율 여부 검증	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서 TTAK.KO-06.0369 TTAK.KO-06.0370
데이터 전송 성공률	LTE-R 커버리지 내에서 데이터 전송 성공률 99% 이상 보장 여부 검증	TTAK.KO-06.0369 TTAK.KO-06.0370
데이터 전송 지연시간	단말간 데이터 전송 지연시간 500ms 이내 여부 검증	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서
연속패킷 절단시간	연속 데이터 패킷 전송 시 절단시간 5,000ms 이내 여부 검증	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서
데이터 전송률	동적 : (DL) 2Mbps, (UL) 1Mbps 이상 정적 : (DL) 3Mbps, (UL) 2Mbps 이상	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서
신호 대 간섭 및 잡음비	상/하양 링크 SINR -5dB 이상 여부 검증	3GPP TR 36.942, Annex A

(1) LTE-R 지상인프라 자체검증 결과

나) 검증결과 종합

<표 3-109> 철도전용 무선통신망 지상인프라 세부항목별 검증데이터 시험결과서

	검증데이터 항목	시험결과	판정기준
1	LTE-R 망구성의 적정성	망구성의 적정성 검토 제시	
2	주요 구성품 이중화	주요구성품 이중화방안 검토 제시	
3	RRU 적정간격 (터널, 개활지)	터널 : 1km 개활지 : 1km	커버리지 이중화
4	DU간 핸드오버	적 합 (100%)	99% 이상
5	RRU간 핸드오버	적 합 (100%)	99% 이상
6	전계강도 측정 결과	적 합 (46.62dBm)	44~48dBm
7	커버리지 측정 결과	적 합 (98.8%)	98% 이상 (RSRP -110dBm 이상)
8	통화설정시간	적 합 (100%) 적 합 (100%) 적 합 (100%)	긴급 : 2초 이내 100% 그룹 : 2.5초 이내 100% 기타 : 5초 이내 100%
9	핸드오버 성공율	적 합 (100%) 적 합 (100%)	개활지 99% 이상 터널 99% 이상
10	호접속 성공율	적 합 (100%)	99% 이상
11	장시간접속 절단율	적 합 (0회)	시간당 0.01회 이하
12	데이터전송 성공율	적 합 (100%)	99% 이상
13	데이터전송 지연시간	적 합 (28ms)	600ms 이하
14	연속패킷 손실율 측정	적 합 (0s)	전송절단시간 5s 이내
15	데이터 전송 속도	적합 (41.39Mbps) / 적합 (17.57Mbps)	하향 : 2Mbps 이상 / 상향 : 1Mbps 이상
16	신호 대 간섭 및 잡음비(SINR)	적합 (18.5dB)	-5dB 이상

다) 주요 시험항목 검증결과

<표 3-110> 지상인프라 자체검증 RRU 적정간격 시험결과

구분	RRU 간격 (km)	RSRP (dBm)	커버리지 보장비율	DU간 핸드오버 성공률	RRU간 핸드오버 성공률	핸드오버 성공률	데이터 속도(평균) 데이터 속도(최소) DL (Mbps)	데이터 속도(평균) 데이터 속도(최소) UL (Mbps)	SINR (dB)	시험 결과
개활지	1.0	-76.10	**100%**	100%	100%	100%	41.39 9.53	17.57 3.19	18.5	**적합**
	2.0	-88.26	**98.8%**	100%	100%	100%	38.45 6.55	17.31 3.07	13.6	**적합**
	3.0	-97.18	81.9%	100%	100%	100%	32.44 4.79	11.77 2.62	12.1	
	4.0	-97.60	77.7%	100%	100%	100%	24.41 1.46	10.67 0	13.2	
터널	0.5	-72.58	**100%**	100%	100%	100%	41.78 14.26	17.07 6.77	16.1	**적합**
	1.0	-79.05	**100%**	100%	100%	100%	39.61 14.13	16.75 5.58	16.0	**적합**
	1.5	-84.31	**100%**	100%	100%	100%	37.80 14.09	14.07 2.87	15.7	**적합**
	2.0	-86.61	**100%**	100%	100%	100%	37.72 14.05	13.97 0.2	15.8	**적합**

라) RRU간격은 개활지 1km, 2km, 3km, 4km 간격으로 터널은 0.5km, 1km, 1.5km, 2km 간격으로 구성 및 시험하여 최적의 간격 개활지 2Km, 터널 2Km 도출하였음 (RRU 이중화 시 개활지 1km, 터널 1km)

마) 무선 커버러지(RSRP -110dBm 이상) 보장비율 98% 이상의 지역에서는 모든 항목

의 성능을 만족하는 것으로 분석되었다.

① 개활지 구간

익산-정읍간 개활지 고속철도 구간에서는 RRU간 간격에 관계없이 DU간, RRU간 핸드오버의 성공률은 100%이며, 데이터 속도는 RRU간 1km 간격의 경우 하향링크 41.39Mbps, 상향링크 17.57Mbps 제공되어 TRS에 비해 최소 79배 최대 4,311배에 달하고 GSM-R과 비교했을 때 2,874배에 달함(TRS : 9.6, 28.4, 523kps / GSM-R : 14.4kbps)

커버리지는 RRU 2km간격까지는 적정하나, 3km간격의 경우에는 RSRP -110dBm을 만족하는 구간이 81.9 %로 망의 안전성이 낮아질 수 있어 부적합함

② 터널 구간

개활지와 마찬가지로 RRU간 간격에 관계없이 핸드오버 성공률이 100%, 데이터 속도는 0.5km의 경우 하향링크 41.78Mbps 상향링크 17.07Mbps 제공하고 2km의 경우 하향링크 37.72Mbps 상향링크 13.97Mbps를 제공

개활지와 유사하게 커버리지 보장 영역은 2km까지 판정기준 만족하나, 개활지와 비교했을 때 같은 RRU간격에서 데이터 속도의 열화가 발생하는 것을 확인

③ 터널 내 RRU 높이의 영향

RSRP는 안테나가 높을 경우 조금 더 높으나 SINR은 거의 유사할 정도로 무선신호 품질의 차이는 거의 없음. 하향링크 데이터 전송의 경우 성능열화가 있으나 RRU간 핸드오버 구간이 안테나 높이 3m 구간에 포함되어 있어 그에 따른 성능열화로 인한 차이로 유추됨

<표 3-111> 지상인프라 터널내 RRU 높이에 따른 시험결과

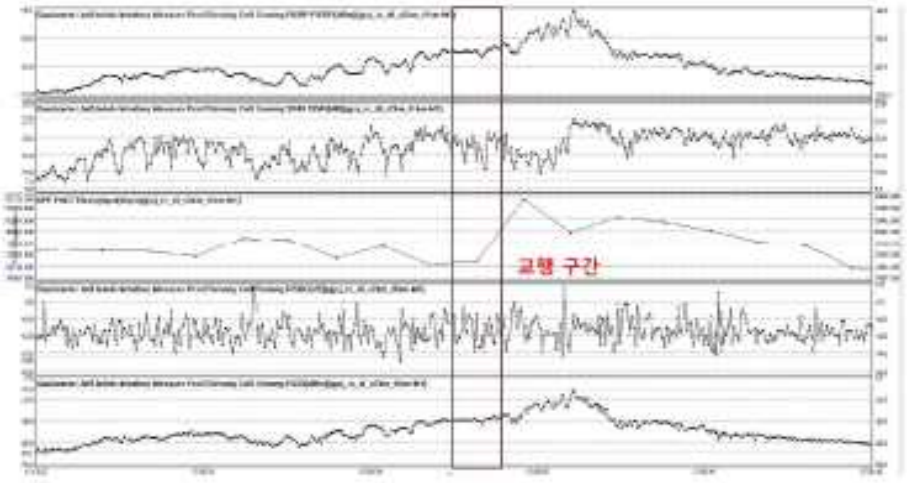
항목	안테나 높이 4m	안테나 높이 3m
RSRP	-69.25dBm	-70.96dBm
SINR	16.53dB	16.46dB
DL Throughput	40.43Mbps	38.44Mbps
UL Throughput	21.74Mbps	21.18Mbps

④ 열차 교행시 품질 영향

상·하행 열차 교행시 RSRP, SINR, RSRQ, RSSI 등 무선신호 품질 수치의 열화가 없고 데이터 전송속도의 저하도 발생하지 않음. 따라서 열차의 교행에 따른 LTE-R의 성능은 영향을 받지 않는 것으로 측정됨.

<표 3-112> 지상인프라 열차 교행시 품질영향에 따른 시험결과





마. LTE-R 지상인프라 최적화를 위한 신뢰성 시험

(1) (1) 기후조건 변화에 따른 무선통신 품질측정

바) (가) 혹서기, 혹한기의 무선통신 품질측정 개요

① 시험개요

사) 호남고속선 일부(익산-정읍, 노령터널)에 통합공공망용으로 할당된 700MHz 대역의 LTE 기반의 철도전용 무선통신망(LTE-R: LTE for Railway) 시험망 구간에서 고속철도 운영속도(250~350km/h)에서의 성능 시험을 통한 신뢰성을 검증하고자 하며,

아) 혹서기, 혹한기 등 기후환경별 LTE-R 지상인프라의 무선 품질(수신신호 품질, 상/하향 데이터 전송 속도, 신호 대 간섭 잡음비 등) 측정한다.

② 시험일자 : 2016.02.15. ~ 10월(KTX) / 2017.01.16. ~ 11월(HEMU-430X)

③ 시험조건

- 시험구간 : 호남고속선 익산~정읍 구간(총 34.3km, 노령터널 4.3km 포함)
- 시험차량 : KTX, HEMU-430X
- 시험장비 : 상용노트북, 고구려 DM, 시험용 단말, Micro USB 케이블, GPS 모듈
- RRU간격 : 1km

자) (나) 주요 시험항목 및 검증기준

<표 3-113> 주요 시험항목 및 검증기준

세부항목	검증기준	관련표준
커버리지 측정시험	커버리지 보장비율 98%이상, RSRP≧-110dBm)	3GPP TS 36.304, 5.1.2.2
데이터 전송속도	하향링크: (휴대) 2Mbps이상 상향링크: (휴대) 1Mbps이상	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서
신호대 간섭 및 잡음비(SINR)	-5dB이상	3GPP TR 36.942, Annex A

차) KTX 현차시험 결과(250~300km/h 속도대역)

① 혹한기 현차시험

- 시험 일자 : 2016년 2월 15일(월)

- 시험 환경 : 최저기온 -5.3℃ (기상청 정읍 무인관서 기록 기준), 습도 77.9%, 강우량 0.5mm

- 커버러지 측정 결과

<표 3-114> 혹한기 지상인프라 커버리지 측정결과(기준 커버러지 98%이상, RSRP≧-110dBm)

시험조건	커버리지 기준 하향링크 RSRP 평균값(dBm)	기준 RSRP의 보장 지역 비율	시험결과	비 고
하행	-76.1	100%	적합	
상행	-77.8	100%	적합	

- 데이터 전송속도 측정 결과

<표 3-115> 혹한기 지상인프라 데이터 전송속도 측정결과(하향링크 2Mbps, 상향링크 1Mbps)

시험조건	하향링크 데이터 전송속도(Mbps)	상향링크 데이터 전송속도(Mbps)	시험결과	비 고
개활지	41.39	17.57	적합	평균
	9.53	3.19	적합	최소

- 신호대 간섭 및 잡음비(SINR) 측정 결과

<표 3-116> 혹한기 지상인프라 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR) 측정결과(기준 : -5dB이상)

시험조건	SINR (dB)	시험결과	비 고
하행	-5dB 이상 구간 99.1%	적합	
상행	-5dB 이상 구간 98.3%	적합	

7.

② 혹서기 현차시험

- 시험 일자 : 2016년 9월 5일(일)

- 시험 환경 : 최고기온 31.1℃ (기상청 정읍 무인관서 기록 기준), 습도 80.4%, 강우량 4mm

- 커버러지 측정 결과

<표 3-117> 혹서기 지상인프라 커버리지 측정결과(기준 커버러지 98%이상, RSRP≧-110dBm)

시험조건	커버리지 기준 하향링크 RSRP 평균값(dBm)	기준 RSRP의 보장 지역 비율	시험결과	비 고
하행	-81.25	99.75%	적합	
상행	-72.24	100%	적합	

- 데이터 전송속도 측정 결과

<표 3-118> 혹서기 지상인프라 데이터 전송속도 측정결과(하향링크 2Mbps, 상향링크 1Mbps)

시험조건	하향링크 데이터 전송속도(Mbps)	상향링크 데이터 전송속도(Mbps)	시험결과	비 고
개활지	40.91	16.16	적합	평균
	18.57	9.03	적합	최소

- 신호대 간섭 및 잡음비(SINR) 측정 결과

<표 3-119> 혹서기 지상인프라 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR) 측정결과(기준 : -5dB이상)

시험조건	SINR (dB)	시험결과	비 고
하행	-5dB 이상 구간 98.02%	적합	
상행	-5dB 이상 구간 98.75%	적합	

8.

가) 분석결과

- 개활지 구간 RRU 1km인 환경에서 KTX 현차시험 결과, 혹한기/혹서기에 따른 성능 변화는 거의 없으며, 커버리지, 데이터 전송속도, 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR) 측정 결과 모두 적합하였음

나) HEMU-430X 현차시험 결과(300~350km/h 속도대역)

① 혹한기 현차시험

- 시험 일자 : 2017년 1월 16일(월)
- 시험 환경 : 최고기온 -8.6℃ (기상청 정읍 무인관서 기록 기준), 습도 59.8%, 강우량 0mm
- 커버러지 측정 결과

<표 3-120> 혹한기 지상인프라 커버리지 측정결과(기준 커버러지 98%이상, RSRP≧-110dBm)

시험조건	커버리지 기준 하향링크 RSRP 평균값(dBm)	기준 RSRP의 보장 지역 비율	시험결과	비 고
하행	-84.94	99.87%	적합	
상행	-83.98	99.12%	적합	

- 데이터 전송속도 측정 결과

<표 3-121> 혹한기 지상인프라 데이터 전송속도 측정결과(하향링크 2Mbps, 상향링크 1Mbps)

시험조건	하향링크 데이터 전송속도(Mbps)	상향링크 데이터 전송속도(Mbps)	시험결과	비 고
개활지	38.28	11.44	적합	평균
	30.75	4.3	적합	최소

- 신호대 간섭 및 잡음비(SINR) 측정 결과

<표 3-122> 혹한기 지상인프라 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR) 측정결과(기준 : -5dB이상)

시험조건	SINR (dB)	시험결과	비 고
하행	-5dB 이상 구간 98.0%	적합	
상행	-5dB 이상 구간 98.5%	적합	

② 혹서기 현차시험

- 시험 일자 : 2017년 8월 27일(일))
- 시험 환경 : 최고기온 30.7℃(기상청 정읍 무인관서 기록 기준), 습도 71.4%, 강우량 0mm

- 커버러지 측정 결과

<표 3-123> 혹서기 지상인프라 커버리지 측정결과(기준 커버러지 98%이상, RSRP≧-110dBm)

시험조건	커버리지 기준 하향링크 RSRP 평균값(dBm)	기준 RSRP의 보장 지역 비율	시험결과	비 고
하행	-86.55	100%	적합	
상행	-90.02	100%	적합	

- 데이터 전송속도 측정 결과

<표 3-124> 혹서기 지상인프라 데이터 전송속도 측정결과(하향링크 2Mbps, 상향링크 1Mbps)

시험조건	하향링크 데이터 전송속도(Mbps)	상향링크 데이터 전송속도(Mbps)	시험결과	비 고
개활지	33.16	12.2	적합	평균
	10.20	1.39	적합	최소

- 신호대 간섭 및 잡음비(SINR) 측정 결과

<표 3-125> 혹서기 지상인프라 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR) 측정결과(기준 : -5dB이상)

시험조건	SINR (dB)	시험결과	비 고
하행	-5dB 이상 구간 98.3%	적합	
상행	-5dB 이상 구간 98.5%	적합	

다) ☞ 분석결과

- 개활지 구간 RRU 1km인 환경에서 HEMU-430X 현차시험 결과, 혹한기/혹서기 모두 커버리지, 데이터 전송속도, 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR) 측정결과 모두 적합하였음. 혹서기 시 속도 증가에 따른 RSRP 및 데이터 전송 속도의 약간의 저하 발생
-
- (2) 안테나 높이에 따른 커버리지 시험(가) 시험개요호남고속선 일부(익산-정읍, 노령터널)에 통합공공망용으로 할당된 700MHz 대역의 LTE 기반의 철도전용 무선통신망(LTE-R: LTE for Railway) 시험망 구간에서 안테나 높이에 따른 커버리지 분석하고자 한다.

라) (나) 시험 환경 및 방법

① 시험일자 : 2017년 1월 6일(금)

② 시험조건 : 재난망 700MHz 대역 LTE-R 기지국과 동일한 이동기지국으로 시험

- 시험구간 : 호남고속선 테스트베드 구간(익산~정읍) 신태인역 인근 개활지
- 재난망 이동기지국 위치 : 전북 정읍시 정우면 대사리 878-21, 간섭원으로 작용할 수 있는 LTE-R RRU 출력은 off

③ 시험장비

- 이동기지국 최대출력 : 46dBm (18dBm/subcarrier) ☞ LTE-R 기지국과 동일
- 이동기지국 안테나 이득 : 14dBi ☞ LTE-R 기지국과 동일
- 측정 단말 : 재난망용 Band28 지원 삼성 갤럭시 S5 Active 스마트폰

④ 측정경로

- 기지국과 단말간 거리 : 약 0.1 ~ 6.3km
- 대부분 위치에서 LOS 확보 (예외: 5km, 3.5km 지점 건물에 의한 신호감쇄 발생)

* LOS(Line-of-Sight) : 전자파 직선상으로 도달이 가능한 눈으로 볼 수 있는 거리

⑤ 측정방법

- 이동기지국의 안테나 높이를 조정 : 4m, 10m, 15m
- 측정 경로를 따라 차량으로 이동하며 RSRP, SINR, 하향 데이터 전송률 등 측정(DM툴 사용)
- 각 안테나 높이에 대해 2~3회 왕복 측정
- 측정번호 홀수(#1, #3, #5) : 안테나를 등지며 멀어지는 방향으로 이동
- 측정번호 짝수(#2, #4, #6) : 안테나를 바라보며 가까워지는 방향으로 이동



<그림 3-221> 안테나 높이에 따른 커버리지 시험구간 개략도

마) 측정결과

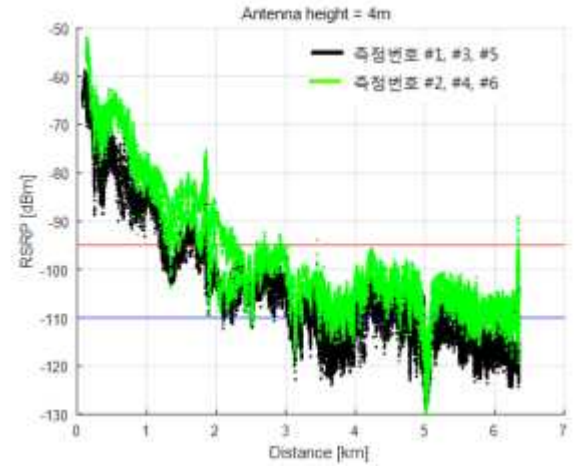
안테나 높이	측정 번호)	커버리지 조건		SINR [dB]		DL Throughput [Mbps]	
		RSRP ≥ -95 dBm	RSRP ≥ -110 dBm	중간값	최대값	중간값	최대값
4m	#1, #3, #5	**1.4 km**	4.0 km	**12.1**	30	**26.8**	69.1
	#2, #4, #6	**2.2 km**	6.1 km	**17.3**	30	**33.6**	57.9
10m	#1, #3	**1.9 km**	6.1 km	**14.9**	30	**28.7**	65.4
	#2, #4	**3.0 km**	> 10 km	**21.9**	30	**34.3**	63.3
15m	#1, #3, #5	**2.6 km**	9.2 km	**18.6**	30	**33.9**	63.8
	#2, #4, #6	**3.6 km**	> 10 km	**23.1**	30	**34.3**	59.9

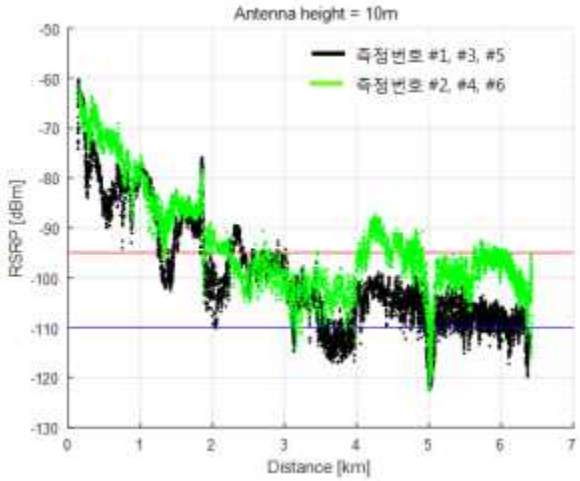
- 측정 결과와 전파 모델에 따른 예측치 비교

* 3GPP macro cell propagation model (Rural area) ※ 3GPP TR 36.942

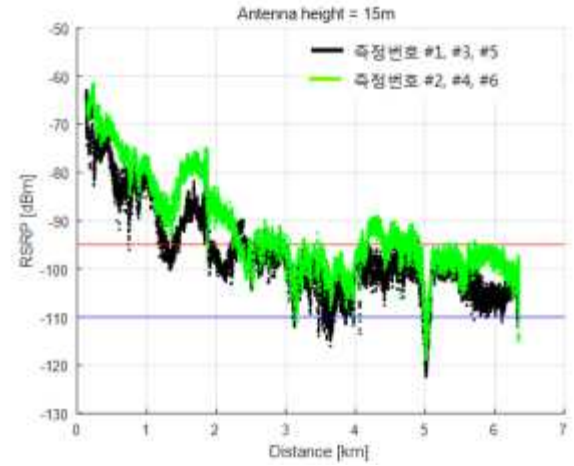
$$PL\,[\mathrm{dB}] = 69.55 + 26.16\log_{10}(f) - 13.82\log_{10}(Hb) + [44.95 - 6.55\log_{10}(Hb)](R) \\ -4.78\{\log_{10}(f)\}^2 + 18.33\log_{10}(f) - 40.94$$

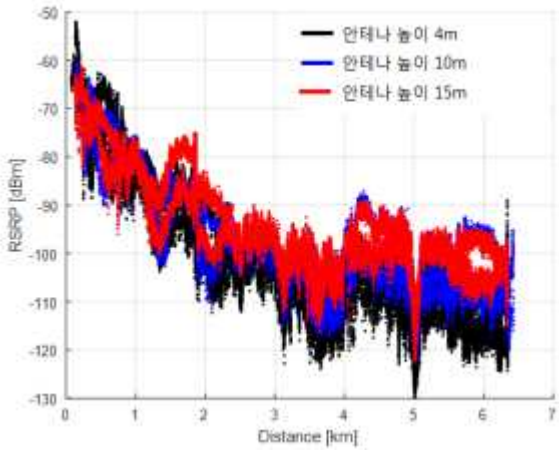
f : 중심 주파수 [MHz]
Hb : 안테나 높이 [m]
R : 기지국-단말간 거리 [km]



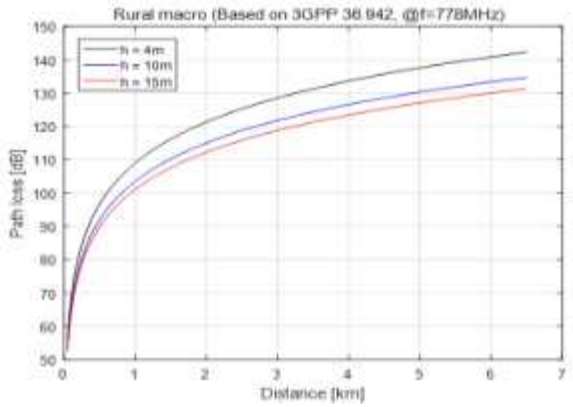


[안테나 높이 10m] [측정 결과 종합 도시]

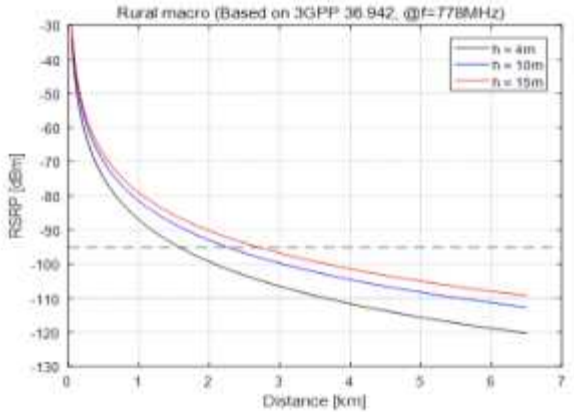




[전파모델 기만 경로 손실]



[전파모델 기반 예측 커버러지]



안테나 높이	커버리지 조건 : RSRP ≥ -95 dBm		
	측정치	예측치	
		추가 손실 10 dB	추가 손실 5 dB
4m	1.4 km / 2.2km	1.5 km	2.1 km
10m	1.9 km / 3.0km	2.2 km	3.0 km
15m	2.6 km / 3.6 km	2.7 km	3.7 km

<그림 3-222> 안테나 높이별 종합 측정결과

바) ☞ 분석결과

- 거리에 따른 경로손실로 인해 기지국-단말 간 거리가 증가함에 따라 RSRP가 감소하는 경향을 나타나며, 페이딩(fading) 현상으로 인해 짧은 거리 변화(십수 m) 범위에서 약 5~15 dB의 순간적인 RSRP 변동 발생
- 측정 단말이 차량 내부에 위치해 있어 차량 밖 직접 수신 대비 추가 손실이 발생하며, 안테나를 등지며 측정한 경우는 약 10dB, 안테나를 바라보며 측정한 경우 약 5dB 정도 RSRP가 낮게 측정됨
- 측정 커버리지 결과와 전파 모델(추가 손실 반영)에 따른 예측 커버리지 결과가 거의 유사함을 확인
- 다른 간섭원이 없이 신호원 1개만 존재하는 환경으로 가시경로(LOS) 확보 시, 6km 정도 이격 거리에서도 SINR은 10dB 이상 유지
- 안테나 높이가 증가함에 따라 최소 RSRP 수신 가능한 거리도 증가하나, 실제 환경에서는 연속된 공간에서의 기지국 간 간섭 및 구축 가능 환경을 고려하여 안테나 높이 설계가 필요

바. LTE-R 지상인프라 300km/h 속도대역 자체검증

(1) (1) 지상인프라 자체검증 개요

사) (가) 자체검증 개요

① 시험개요

아) 호남고속선 일부(익산-정읍, 노령터널)에 통합공공망용으로 할당된 700MHz 대역의 LTE 기반의 철도전용 무선통신망(LTE-R: LTE for Railway) 시험망 구간에서 300~350km/h 속도대역의 성능 시험을 통한 신뢰성을 검증하고자 한다.

② 시험일자 : 2017.01.16.(월).

③ 시험조건

- 시험차량 : HEMU-430X
- RRU간격 : 1km
- 시험장비 : 상용노트북, 고구려 DM, 시험용 단말, Micro USB 케이블, GPS 모듈
- 시험구간 : 호남고속선 익산~정읍 구간(총 34.3km, 노령터널 4.3km 포함)

(1)

자) (나) 주요 시험항목 및 검증기준

<표 3-126> 주요 시험항목 및 검증기준

세부항목	검증기준	관련표준
커버리지 측정시험	커버리지 보장비율 98%이상, RSRP≧-110dBm)	3GPP TS 36.304, 5.1.2.2
데이터 전송속도	하향링크: (휴대) 2Mbps이상 상향링크: (휴대) 1Mbps이상	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서
신호대 간섭 및 잡음비(SINR)	-5dB이상	3GPP TR 36.942, Annex A

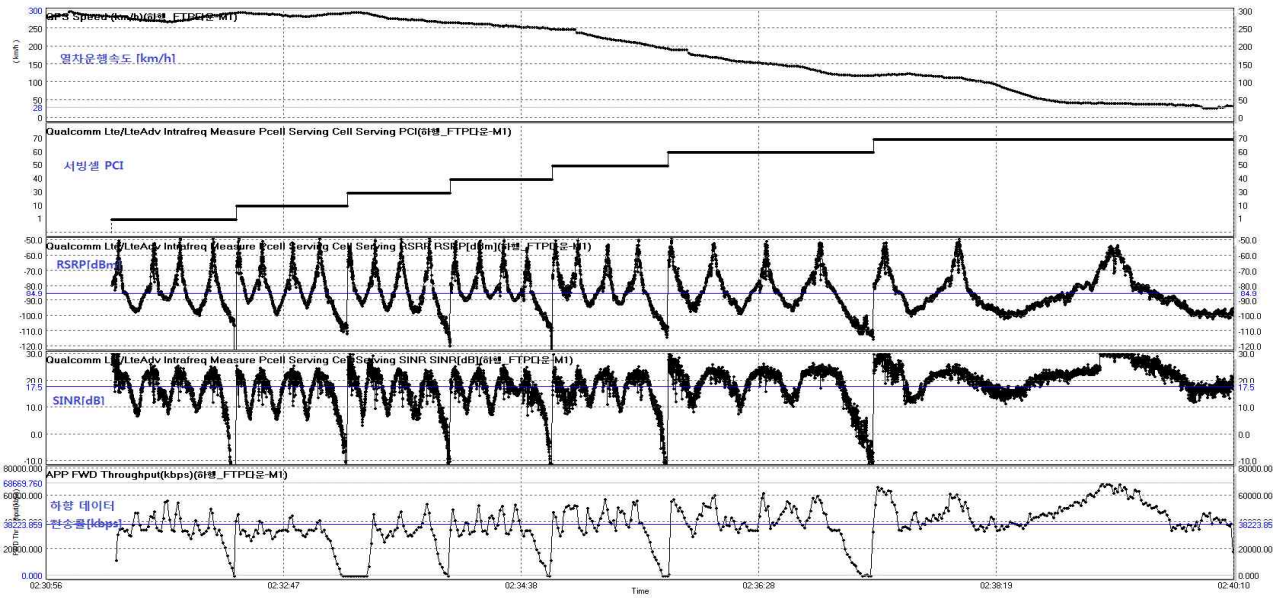
차)

카)

(1) (2) 지상인프라 자체검증 시험결과

타) (가) 시험결과 총괄

① 하행(익산 → 정읍)

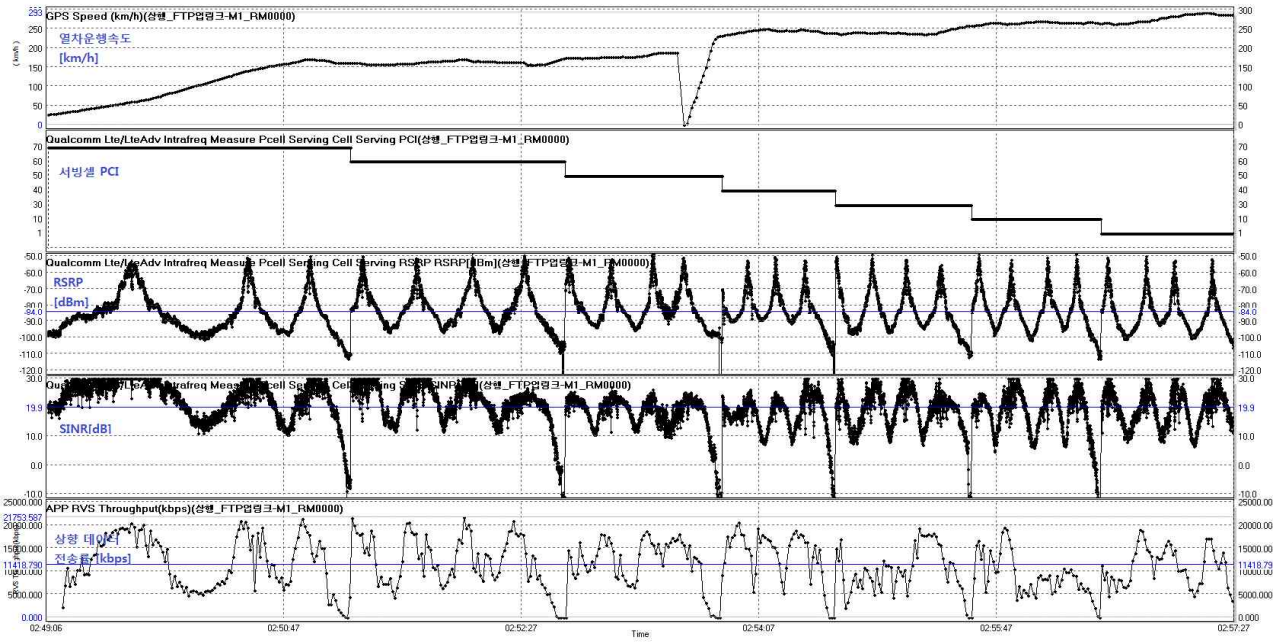


파)

하)

② 하행(정읍 → 익산)

거)



너)

더) (나) 항목별 시험결과 분석

① 커버리지 측정결과

<표 3-127> 혹한기 지상인프라 커버리지 측정결과(기준 커버리지 98%이상, RSRP≧-110dBm)

러)

시험조건	커버리지 기준 하향링크 RSRP 평균값(dBm)	기준 RSRP의 보장 지역 비율	시험결과	비 고
하행	-84.94	99.87%	적합	
상행	-83.98	99.12%	적합	

머)

RSRP[dBm]	300km/h (하행)	300km/h (상행)	비교) 250km/h (하행)	비교) 250km/h (상행)
최소값	-119.25	-112.69	-116.25	-107.56
최대값	-46.88	-47.44	-34.38	-34.25
평균	**-84.94**	**-83.98**	**-81.25**	**-72.24**

버) ☞ 전파 경로손실로 최소값은 큰 차이나 없으나, 최대값은 10dBm 이상 차이를 보임, 이는 시험차량 KTX(250km/h), HEMU-430X(300km/h) 의 차량제원에 따른 전파투과손실로 판단됨

서)

② 데이터 전송속도 측정결과

<표 3-128> 혹한기 지상인프라 데이터 전송속도 측정결과(하향링크 2Mbps, 상향링크 1Mbps)

시험조건	하향링크 데이터 전송속도(Mbps)	상향링크 데이터 전송속도(Mbps)	시험결과	비 고
개활지	38.28	11.44	적합	평균
	30.75	4.3	적합	최소

DL Throughput [Mbps]	300km/h (하행)	비교) 250km/h (하행)
중간값	38.22	43.81
최대값	68.67	68.51
평균	**38.28**	**40.91**

UL Throughput [Mbps]	300km/h (상행)	비교) 250km/h (상행)
중간값	11.28	19.08
최대값	21.75	24.78
평균	**11.44**	**16.16**

어) ☞ 데이터 전송속도는 RSRP(Reference Signal Received Power) 세기에 따라 영향을 미치는 것을 확인할 수 있음.

③ 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR) 측정결과

<표 3-129> 혹한기 지상인프라 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR) 측정결과(기준 : -5dB이상)

시험조건	SINR (dB) 보장비율	SINR (dB) 평균	시험결과
하행	-5dB 이상 구간 98.0%	17.53	적합
상행	-5dB 이상 구간 98.5%	21.1	적합

SINR [dB]	300km/h (하행)	300km/h (상행)	비교) 250km/h (하행)	비교) 250km/h (상행)
중간값	19.1	19.88	17.1	23.0
최대값	30.0	30.0	30.0	30.0
평균	**17.53**	**21.1**	**16.3**	**21.5**

☞ 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR)는 크게 영향을 미치지 않는 것을 확인할 수 있음.

9. 2. 상호연동시스템 기술개발

가. 가. 상호연동시스템 요구사항 및 정의

가) 상호연동시스템의 연구개발은 일반 및 고속 철도 통신 시스템에서 기존 철도 무선 통신 시스템(VHF, TRSASTRO/TETRA)과 LTE 기반 철도 통신 시스템이 적용될 경우 원활한 통신을 위한 연동장치의 구조 및 기능을 연구하였다. 망 중심의 연동 장치는 기존의 철도 무선 통신 시스템과 LTE 기반의 철도 통신 시스템 상호 통신을 가능하게 하는 기능으로 상호연동시스템의 요구사항을 분석, 정의하였으며 이를 바탕으로 시스템을 설계하였다. 또한, 기존 철도 무선 통시시스템과의 인터페이스 방법 및 시스템 구축 현황을 나타내었다.

나)

(1) (1) LTE-R과 VHF, ASTRO, TETRA 상호연동 필수 요구사항

<표 3-130 > LTE-R과 VHF, ASTRO, TETRA 상호연동 필수 요구사항

번호	주요 요구기능
R001	상호연동서버와 연동장치간 IP 통신을 통한 호설정(Call setup)을 지원하여야 한다.
R002	상호연동 시스템은 VHF, ASTRO, TETRA, LTE-R 등의 무전기와 연동이 가능하여야한다.
R003	상호연동 시스템에 접속된 TRS(TETRA/ASTRO) 무전기와 TRS 시스템간 호 설정 가능을 인식할 수 있어야 한다.
R004	상호연동 시스템에 접속된 무선망 통화그룹/채널에 동시 통화가 가능하여야 한다.
R005	이기종 무전기간 통화시 음성 앞 음절이 소실되지 않아야 하고, 지연을 최소화하여야 한다.

(2) (2) LTE-R과 VHF, ASTRO, TETRA 상호연동 부가 요구사항

다) 현재 운용되고 있는 고속철도 열차무선은 경부1단계의 TRS-ASTRO, 경부2단계와 호남선, 수서평택선의 TRS-TETRA, 기존선의 VHF와 같이 지역 및 구간에 따라 다르게 운용 되고 있다.

라) 철도전용 무선통신망 구축은 한국형 LTE-R 기술개발을 통한 기존 철도 무선통신시스템의 단계적 마이그레이션(migration) 계획으로 볼 수 있으며, 현재 열차무선에서 운용중인 이기종 망에 대한 연동기술을 통해 철도전용 무선통신망(LTE-R)으로 단계적 전환 기반 마련이 필요하다.

<표 3-131> LTE-R과 VHF, ASTRO, TETRA 상호연동 부가 요구사항

(1)

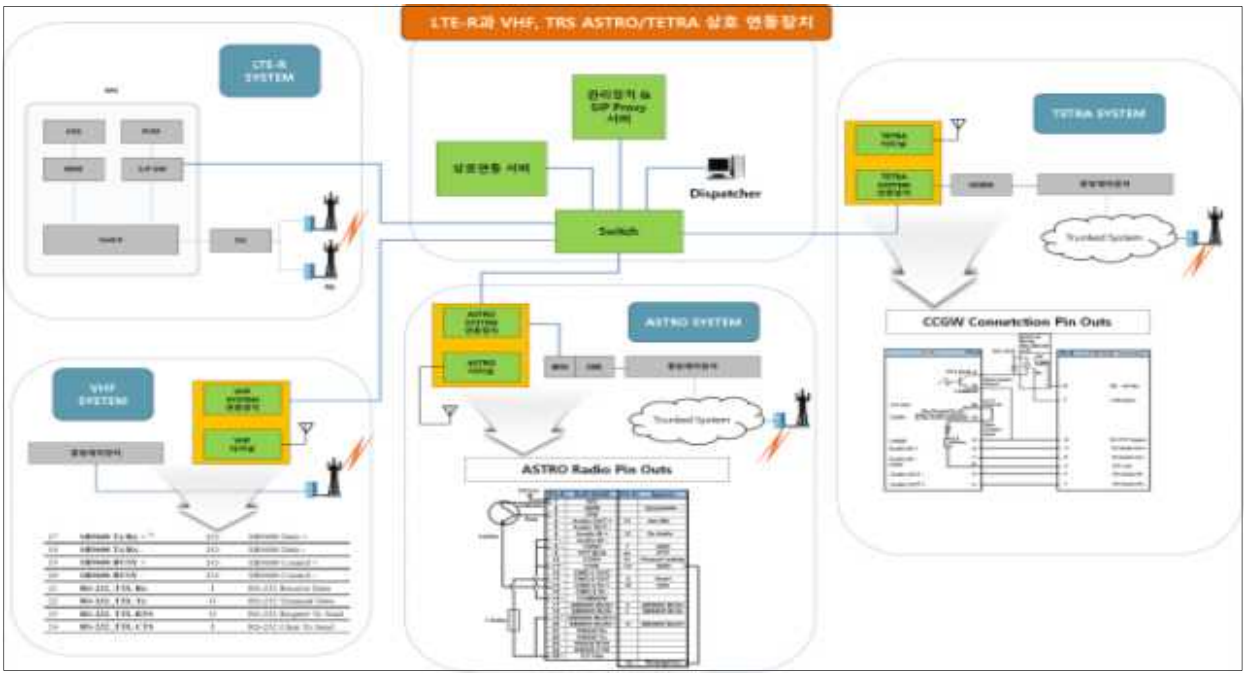
구분	번호	주요 요구기능
생존 신뢰성	A001	이중화
	A002	통화품질
	A003	백업 / 복원
재난 대응성	A004	그룹통화
	A005	통화그룹 등록/삭제
	A006	복수 통화그룹수신
상호 운영성	A007	개방형/표준 준수
	A008	호 연결
	A009	망 연동
보안성	A010	인증 / 보안
운영 효율성	A011	통화내용 녹음
	A012	망관리 시스템
	A013	통화용량 확장

나. 나. 상호연동장치 시스템 설계

(1) (1) 상호연동장치 시스템 및 네트워크 구성

나) (가) 상호연동시스템 구성

다) LTE-R과 VHF, ASTRO, TETRA 각 시스템 터미널과 연동장치는 기존 시스템과 물리적으로 연결을 통하여 상호연동 센터시스템(상호연동서버, 관리장치 & SIP Proxy 서버, LAN 스위치, Router, Dispatcher)과 TCP/IP 프로토콜 기반 IP 네트워크로 구성하여 사용자 환경 제공 및 Call Management를 통한 무전기 상호간 연동을 구성하고자 한다.

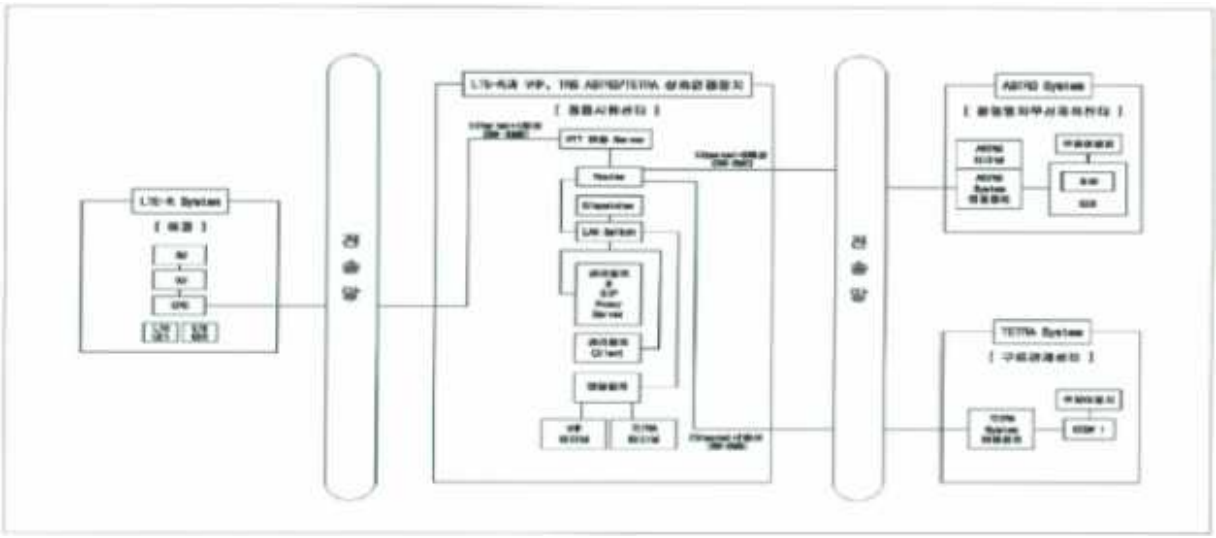


<그림 3-223> 상호연동시스템 구성도

라)

마) (나) 상호연동네트워크 구성

바) LTE-R과 VHF, TRS ASTRO/TETRA와의 상호연동기술 개발의 네트워크 구성은 철도전용 무선통신망(LTE-R)의 단계적 전환 기반을 위하여 신규 구축될 LTE-R을 기준으로 네트워크 장애 시 우회경로 제공을 목적으로 구성하며, LTE-R과 VHF, TRS-ASTRO/TETRA상호 연동을 위한 네트워크 구성은 호환성 및 확장성을 위하여 TCP/IP프로토콜 기반 IP 네트워크로 구성하고, 기존 시스템의 내구연한 도래로 단계적인 LTE-R의 전환을 위하여 종단 연동장치를 통한 네트워크를 구성한다.



<그림 3-224> 상호연동시스템 네트워크 구성도

(1) 인터페이스 구현

사) LTE-R 인터페이스

아) 상호연동서버와 PGW는 Ethernet Port를 이용하여 TCP/IP 방식으로 인터페이스를 구성한다. 상호연동서버와 PGW 연결 커넥터 타입은 R45

- 구성요소: P-GW, LAN Switch, 프록시서버, 상호연동서버, 미디어서버

자) (나) VHF 인터페이스

① VHF 연동장치 인터페이스

차) 상호연동서버와 VHF 연동장치는 Ethernet Port를 이용하여 TCP/IP 방식으로 인터페이스를 구성하며, 상호연동서버와 VHF 연동장치 연결 커넥터 타입은 RJ45 커넥터이며 UTP 케이블을 이용하여 연결한다.

카)

② VHF 터미널 인터페이스

타) VHF연동장치와 VHF 터미널간 4W E&M 방식으로 인터페이스를 구성한다. 인터페이스 전용 Cable을 이용하여 연결하며, VHF 연동장치 연결 커넥터 타입은 D-SUB 25Pin 커넥터로 VHF 터미널 연결 커넥터 타입은 26Pin 커넥터이다.

파)

하) (다) ASTRO 인터페이스

① ASTRO 연동장치 인터페이스

거) 상호연동서버와 ASTRO 연동장치는 Ethernet Port를 이용하여 TCP/IP 방식으로 인터페이스를 구성한다. 상호연동서버와 ASTRO 연동장치 연결 커넥터 타입은 RJ45 커넥터이며 UTP 케이블을 이용하여 연결한다.

너)

② ASTRO 터미널 인터페이스

더) ASTRO 연동장치와 ASTRO 터미널간 4W E&M 방식으로 인터페이스를 구성한다. 인터페이스 전용 케이블을 이용하여 연결하며, ASTRO 연동장치 연결 커넥터 타입은 D-SUB 25Pin 커넥터이며 ASTRO 터미널 연결 커넥터는 26Pin 커넥터이다.

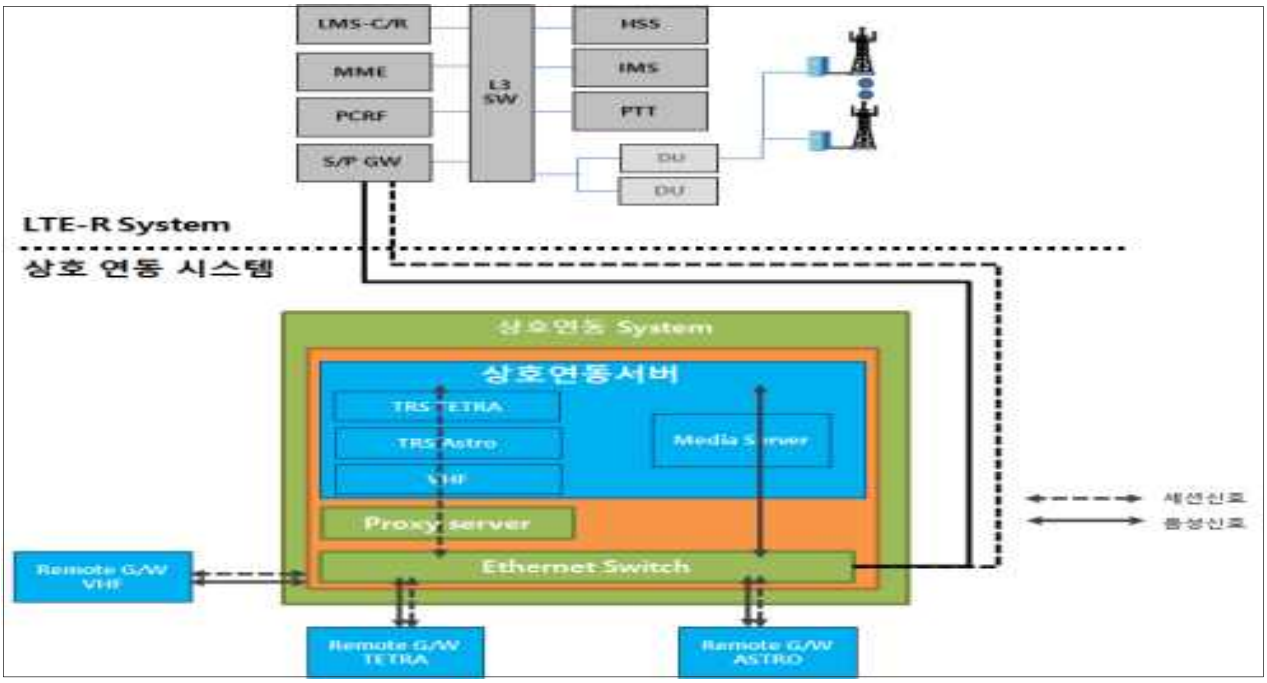
러) (라) TETRA 인터페이스

① TETRA 연동장치 인터페이스

머) 상호연동서버와 TETRA 연동장치는 Ethernet Port를 이용하여 TCP/IP 방식으로 인터페이스를 구성한다. 상호연동서버와 TETRA 연동장치 연결 커넥터 타입은 RJ45 커넥터이며 UTP 케이블을 이용하여 연결한다.

② TETRA 터미널 인터페이스

버) TETRA 연동장치와 ASTRO 터미널간 4W E&M 방식으로 인터페이스를 구성한다. 인터페이스 전용 케이블을 이용하여 연결하며 TETRA 연동장치 연결 커넥터 타입은 D-SUB 25Pin 커넥터, TETRA 터미널 연결 커넥터는 26Pin 커넥터이다.



<그림 3-225> 상호연동시스템 인터페이스 구조도

다. 상호연동시스템 제작 및 구축

(1) 상호연동시스템 시작품 설치

나) 정읍시험센터

다) LTE-R 지상인프라 및 Core장비가 정읍 구간에 구축. LTE-R 시스템과의 연동을 위해 정읍시험센터를 설치위치로 선정하였으며, 신규로 설치되는 RacK에 장비 설치

<표 3-132> 상호연동시스템 시작품 목록(정읍시험센터 설치)

설치장비	설치수량	비고
상호연동서버	1식	
관리장치 서버	1식	
SIP Proxy 서버	1식	
Dispatcher	1식	
연동장치	2식	VHF, TETRA
VHF 터미널	2대	
TETRA 터미널	2대	



정읍시험센터 지령대 설치



정읍시험센터 지령대 설치

<그림 3-226> 정읍시험센터에 설치된 상호연동시스템 시작품

라) 광명열차무선제어센터

마) 광명열차무선제어센터에서 운용중인 ASTRO 시스템 CEB(Central Electronics Bank)내 BIM CARD를 통한 LTE-R 시스템과 연동을 위해 광명열차 무선제어센터를 설치위치로 선정하였으며, 기 설치되어 있는 RS36 채널뱅크 Rack에 장비를 설치한다.

<표 3-133> 상호연동시스템 시작품 목록(광명열차무선제어센터 설치)

설치장비	설치수량	비고
ASTRO 연동장치	2식	
ASTRO 터미널	2대	



광명열차무선제어센터 시작품설치



무선연동을 위한 상호연동장치 설치

<그림 3-227> 광명열차무선제어센터에 설치된 상호연동장치 시작품

바) 구로 철도교통 관제센터

사) 구로철도교통관제센터에서 운용중인 TETRA 시스템 Core Lan Switch에 인터페이스 되어있는 CCGW를 통한 LTE-R 시스템과 연동을 위해 구로철도교통관제센터를 설치위치로 선정하였으며, 기 설치되어있는 CAD SYSTEM Rack에 장비를 설치한다.

<표 3-134> 상호연동시스템 시작품 목록(철도교통 관제센터 설치)

설치장비	설치수량	비고
TETRA 연동장치	2식	



CCGW 인터페이스



RGW(Remote Gateway)
설치/전원,접지구성



구로교통관제 TETRA System
상호연동장치 설치

<그림 3-228> 광명열차무선제어센터에 설치된 상호연동시스템 시작품

(1) 상호연동시스템 시제품 제작 및 설치

아) ASTRO 시스템 연동장치 및 방법

① 무선연동(4W E&M)

- 터미널과 연결되어 음성 신호처리와 IP 네트워크로 프로토콜 변환을 담당

② 유선연동(Ethernet) - ASTRO 시스템 연동

- ASTRO SYSTEM 내 BIM Card(CEB)의 외부인터페이스를 이용하며 PTT 연동서버와 인터페이스
- 신호의 전달은 AEB(Ambassador Electronics Bank)가 H/W적인 라우팅을 담당하며, 외부 연동을 AEB와 연결된 CEB(Central Electronics Bank)내 BIM Card(Base Interface Module)와 상호 연동장치가 interface 되어 LTE-R과 ASTRO SYSTEM 연동

③ LTE-R 시스템은 S/P GW를 이용하여 PTT 연동 서버와 인터페이스



<그림 3-229> ASTRO INTERWORKING SYSTEM 구성도



<그림 3-230> ASTRO INTERWORKING SYSTEM 시제품 실물

자) TETRA 시스템 연동장치 및 방법

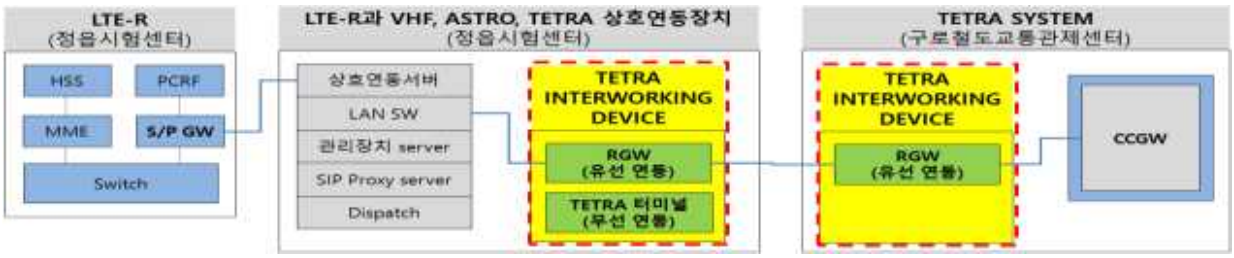
① 무선연동(4W E&M)

- 터미널과 연결되어 음성 신호처리와 IP 네트워크로 프로토콜 변환을 담당

② 유선연동(Ethernet) - TETRA 시스템 연동

- TETRA SYSTEM 내 인터페이스 되어있는 CCGW를 이용하여 PTT 연동 서버와 인터페이스
- 신호의 전달은 Core Lan Switch에 인터페이스 되어있는 CCGW와 연동장치가 인터페이스 되어 LTE-R과 TETRA SYSTEM 연동

③ LTE-R 시스템은 S/P GW를 이용하여 PTT 연동 서버와 인터페이스



<그림 3-231> TETRA INTERWORKING SYSTEM 구성도



<그림 3-232> TETRA INTERWORKING SYSTEM 시제품 실물

라. 상호연동시스템 시작품 250km/h 속도대역 자체검증

(1) 상호연동시스템 시작품 자체검증 개요

차) (가) 자체검증 개요

① 시험개요

카) "LTE-R과 VHF, TRS-ASTRO/TETRA와의 상호연동기술 개발"을 목표로 시작품의 오류를 방지하고 품질의 신뢰성과 안전성을 확보하기 위한 목적으로 250~300km/h 속도대역에서 각각의 제품을 독립적으로 수행하여 입력이 불가능한 상태 혹인 입력이 가능한 상태의 입력을 강제 입력 그에 따라 프로그램이 정상적으로 실행이 가능한지, 혹은 적절한 에러 메시지를 반환하는지, 혹은 프로그램이 실행 중에 강제 종료되지 않는지를 확인한다.

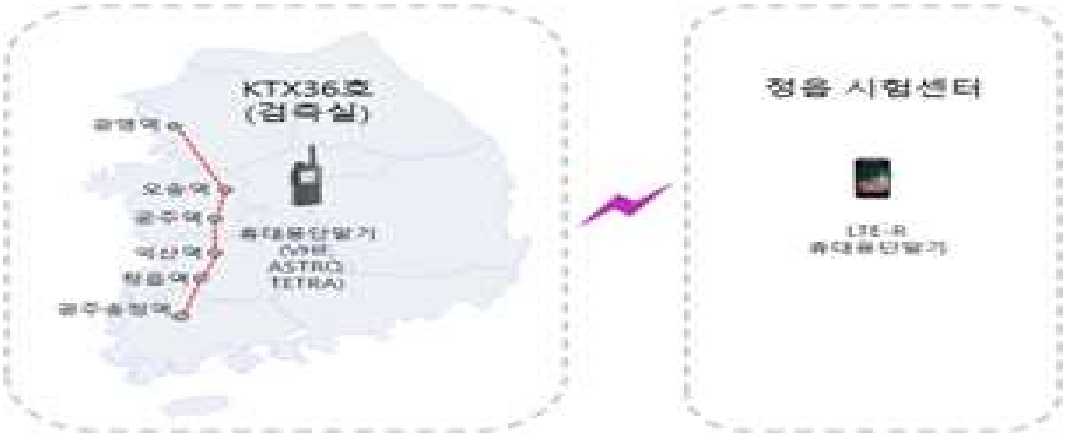
② 시험기간 : 2016.04.26.~04.27

③ 시험조건

-시험구간 : 광명 ~ 광주송정 구간(호남고속선 익산~정읍 LTE-R 구간 포함)

-시험차량 : KTX-36호(검측실)

④ 시험구성도



<그림 3-233> 상호연동시스템 시작품 자체검증 시험구성도

타)

파) 자체검증 주요 시험항목

① SIP Proxy 서버 기능

② 지령대 기능

③ Remote GW

④ Configuration Tool

⑤ VHF 터미널

⑥ ASTRO 터미널

⑦ TETRA 터미널

⑧ 상호연동 통화시험 및 호 접속상태 확인

(1) 상호연동시스템 시작품 자체검증 시험결과

하) 시험결과

① SIP Proxy 서버 기능

<표 3-135> 상호연동시스템 SIP Proxy 서버 자체검증 시험결과

번호	시험 항목	시험 결과	품질 결과
1	전원 ON/OFF 및 로그인 확인	전원 ON/OFF 및 로그인 정상	양호
2	디스크 사용량 확인	디스크 사용량 확인 정상	양호
3	CPU 정보 / 사용율	CPU 정보 / 사용율 정상	양호
4	메모리 정보 / 사용량	메모리 정보 / 사용량 정상	양호
5	시스템 로그 확인	시스템 로그 확인 정상	양호
6	OS 확인	OS 확인 정상	양호
7	내장 Ethernet card 확인	내장 Ethernet card 정상	양호

② 지령대 기능

<표 3-136> 상호연동시스템 지령대 자체검증 시험결과

번호	시험 항목	시험 결과	품질 결과
1	전원 ON/OFF 및 로그인 확인	전원 ON/OFF 및 로그인 정상	양호
2	OS 확인	OS 확인 정상	양호
3	시스템 로그 확인	시스템 로그 확인 정상	양호
4	응용 프로그램 로그인 확인	응용 프로그램 로그인 정상	양호
5	디스크 사용량 확인	디스크 사용량 확인 정상	양호
6	CPU 정보 / 사용율	CPU 정보 / 사용율 정상	양호
7	메모리 정보 / 사용량	메모리 정보 / 사용량 정상	양호
8	네트워크 점검	네트워크 점검 정상	양호

③ Remote GW

<표 3-137> 상호연동시스템 Remote GW 자체검증 시험결과

번호	시험 항목	시험 결과	품질 결과
1	전원 ON/OFF 및 정상 동작 LED 확인	전원 ON/OFF 및 정상 동작 LED 확인 정상	양호
2	IP 주소 구성 확인	IP 주소 구성 확인 정상	양호
3	Ping Test 확인	Ping Test 확인 정상	양호
4	Port 구성 확인	Port 구성 확인 정상	양호
5	시스템과 IP 통신(LAN B)	시스템과 IP 통신 정상	양호

④ Configuration Tool

<표 3-138> 상호연동시스템 Configuration Toole 자체검증 시험결과

번호	시험 항목	시험 결과	품질 결과
1	전원 ON/OFF 및 로그인 확인	전원 ON/OFF 및 로그인 정상	양호
2	OS 확인	OS 확인 정상	양호
3	시스템 로그 확인	시스템 로그 확인 정상	양호
4	응용 프로그램 로그인 확인	응용 프로그램 로그인 정상	양호
5	디스크 사용량 확인	디스크 사용량 확인 정상	양호
6	CPU 정보 / 사용율	CPU 정보 / 사용율 정상	양호
7	메로리 정보 / 사용량	메로리 정보 / 사용량 정상	양호
8	R-G/W 구성정보 확인	R-G/W 구성정보 확인 정상	양호

⑤ VHF 터미널

<표 3-139> 상호연동시스템 VHF 터미널 자체검증 시험결과

번호	시험 항목	시험 결과	품질 결과
1	전원 ON - 정상적인 Control Head ON	전원 ON - 정상적인 Control Head ON 정상	양호
2	볼륨 조정 - 정상적인 볼륨 조정	볼륨 조정 - 정상적인 볼륨 조정 정상	양호
3	채널 조정 - 정상적인 채널 조정	채널 조정 - 정상적인 채널 조정 정상	양호
4	송수신 확인	송수신 확인 정상	양호
5	CPS 연결 - 정상적인 CPS 실행	CPS 연결 - 정상적인 CPS 실행 정상	양호
6	전원 OFF - 정상적인 Control Head OFF	전원 OFF - 정상적인 Control Head OFF 정상	양호

⑥ ASTRO 터미널

<표 3-140> 상호연동시스템 ASTRO 터미널 자체검증 시험결과

번호	시험 항목	시험 결과	품질 결과
1	전원 ON - 정상적인 Control Head ON	전원 ON - 정상적인 Control Head ON 정상	양호
2	볼륨 조정 - 정상적인 볼륨 조정	볼륨 조정 - 정상적인 볼륨 조정 정상	양호
3	채널 조정 - 정상적인 채널 조정	채널 조정 - 정상적인 채널 조정 정상	양호
4	송수신 확인	송수신 확인 정상	양호
5	CPS 연결 - 정상적인 CPS 실행	CPS 연결 - 정상적인 CPS 실행 정상	양호
6	전원 OFF - 정상적인 Control Head OFF	전원 OFF - 정상적인 Control Head OFF 정상	양호

⑦ TETRA 터미널

<표 3-141> 상호연동시스템 TETRA 터미널 자체검증 시험결과

번호	시험 항목	시험 결과	품질 결과
1	전원 ON - 정상적인 Control Head ON	전원 ON - 정상적인 Control Head ON 정상	양호
2	볼륨 조정 - 정상적인 볼륨 조정	볼륨 조정 - 정상적인 볼륨 조정 정상	양호
3	채널 조정 - 정상적인 채널 조정	채널 조정 - 정상적인 채널 조정 정상	양호
4	송수신 확인	송수신 확인 정상	양호
5	CPS 연결 - 정상적인 CPS 실행	CPS 연결 - 정상적인 CPS 실행 정상	양호
6	전원 OFF - 정상적인 Control Head OFF	전원 OFF - 정상적인 Control Head OFF 정상	양호

⑧ 상호연동 통화시험 및 호 접속상태 확인

<표 3-142> 상호연동기술 통화 시험결과

시험항목		시험결과	판정기준	비고
1	LTE-R과 상호연동 터미널을 통한 VHF 음성 통화	통화성공(DAQ 4.0 이상)	통화성공(DAQ 4.0 이상)	
2	LTE-R과 상호연동 시스템을 통한 ASTRO 음성 통화	통화성공(DAQ 4.0 이상)	통화성공(DAQ 4.0 이상)	
3	LTE-R과 상호연동 터미널을 통한 ASTRO 음성 통화	통화성공(DAQ 4.0 이상)	통화성공(DAQ 4.0 이상)	
4	LTE-R과 상호연동 시스템을 통한 TETRA 음성 통화	통화성공(DAQ 4.0 이상)	통화성공(DAQ 4.0 이상)	
5	LTE-R과 상호연동 터미널을 통한 TETRA 음성 통화	통화성공(DAQ 4.0 이상)	통화성공(DAQ 4.0 이상)	

6	LTE-R과 상호연동 시스템을 통한 ASTRO, TETRA 음성 통화	통화성공(DAQ 4.0 이상)	통화성공(DAQ 4.0 이상)	
7	LTE-R과 상호연동 터미널을 통한 VHF, ASTRO, TETRA음성 통화	통화성공(DAQ 4.0 이상)	통화성공(DAQ 4.0 이상)	
8	음성통화 녹음 및 재생	음성통화 녹음 및 재생성공	음성통화 녹음 및 재생	
9	LTE-R과 VHF 간 호 접속상태 확인	호 접속상태 확인	R-GW VHF 터미널 호 수신 상태 확인	
10	LTE-R과 ASTRO 간 호 접속상태 확인	호 접속상태 확인	R-GW ASTRO 터미널,ASTRO 시스템 호 수신 상태 확인	
11	LTE-R과 TETRA 간 호 접속상태 확인	호 접속상태 확인	R-GW TETRA 터미널,TETRA 시스템 호 수신 상태 확인	

※ 통화품질 : ITU(국제전지기통신연합)에서 규정한 DAQ(Delivered Audio Quality) 4.0이상

마. 상호연동시스템 시제품 300km/h 속도대역 자체검증

(1) (1) 상호연동시스템 시제품 자체검증 개요

거) 자체검증 시험개요

① 시험개요

너) “LTE-R과 VHF, TRS-ASTO/TETRA 와의 상호연동기술 개발”의 자체 검증시험을 목적으로 기존 300~350km/h 속도대역에서 VHF 통신망, TRS-ASTRO 통신망, TRS- TETRA 통신망과의 성능검증을 실시한다.

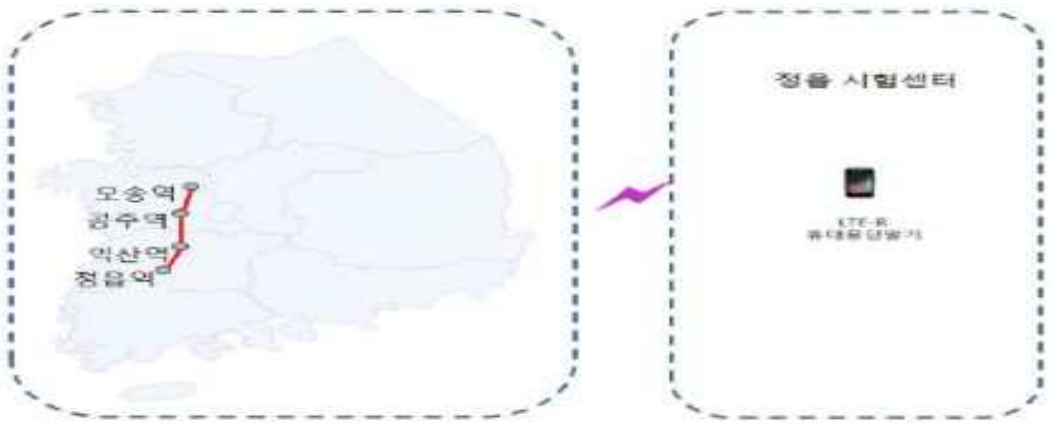
② 시험기간 : 2017.01.16

③ 시험조건

-시험구간 : 호남고속선 오송~정읍 구간(LTE-R 테스트베드 포함)

-시험차량 : HEMU-430X

④ 시험구성도



<그림 3-234> 상호연동시스템 자체검증 시험구성도

더) 주요 시험항목 및 검증기준

현차시험 결과 합불 기준

번호	항 목	검증기준	관 련 표 준

번호	항 목	검증기준	관 련 표 준
1	LTE-R ↔ VHF 단말간 상호연동 음성통화	통화성공, DAQ 4.0이상	TTAE.ET-EN 300 392-2-2 경부고속선, 호남고속선 설계기준 TTAE.ET-EN 300 392-2-2 경부고속선, 호남고속선 설계기준
2	ASTRO 지령장치 ↔ LTE-R, ASTRO 단말간 상호연동 음성통화	통화성공, DAQ 4.0이상	
3	LTE-R ↔ ASTRO 단말간 상호연동 음성통화	통화성공, DAQ 4.0이상	
4	TETRA 지령장치 ↔ LTE-R, TETRA 단말간 상호연동 음성통화	통화성공, DAQ 4.0이상	
5	LTE-R ↔ TETRA 단말간 상호연동 음성통화	통화성공, DAQ 4.0이상	
6	LTE-R 지령장치 ↔ LTE-R, ASTRO, TETRA 단말간 상호연동 음성통화	통화성공, DAQ 4.0이상	
7	LTE-R ↔ VHF, ASTRO, TETRA 단말간 상호연동 음성통화	통화성공, DAQ 4.0이상	
8	음성통화 녹음 및 재생	녹음파일 재생 여부	10.
9	LTE-R과 VHF 접속상태	호 접속 상태 확인	11.
10	LTE-R과 ASTRO 접속상태	호 접속 상태 확인	12.
11	LTE-R과 TETRA 접속상태	호 접속 상태 확인	13.

(1) 상호연동시스템 시제품 자체검증 시험결과

나) 시험결과

<표 3-143> 상호연동시스템 자체검증 종합 시험결과

번호	시험 항목	시험 결과	판정기준
1	LTE-R과 상호연동 터미널을 통한 VHF 음성통화	통화성공 (DAQ 4.0 이상)	통화성공 (DAQ 4.0 이상)
2	LTE-R과 상호연동 시스템을 통한 ASTRO 음성통화	통화성공 (DAQ 4.0 이상)	통화성공 (DAQ 4.0 이상)
3	LTE-R과 상호연동 터미널을 통한 ASTRO 음성통화	통화성공 (DAQ 4.0 이상)	통화성공 (DAQ 4.0 이상)
4	LTE-R과 상호연동 시스템을 통한 TETRA 음성통화	통화성공 (DAQ 4.0 이상)	통화성공 (DAQ 4.0 이상)
5	LTE-R과 상호연동 터미널을 통한 TETRA 음성통화	통화성공 (DAQ 4.0 이상)	통화성공 (DAQ 4.0 이상)
6	LTE-R과 상호연동 시스템을 통한 VHF, ASTRO, TETRA 음성통화	통화성공 (DAQ 4.0 이상)	통화성공 (DAQ 4.0 이상)
7	LTE-R과 상호연동 터미널을 통한 VHF, ASTRO, TETRA 음성통화	통화성공 (DAQ 4.0 이상)	통화성공 (DAQ 4.0 이상)
8	음성통화 녹음 및 재생	음성통화 녹음 및 재생 성공	음성통화 녹음 및 재생 성공
9	LTE-R과 VHF 간 호 접속상태 확인(상호연동 시스템, VHF 터미널 확인)	호 접속상태 확인	R-GW VHF 터미널 호 수신상태 확인
10	LTE-R과 ASTRO간 호 접속상태 확인(상호연동 시스템, ASTRO 시스템 확인)	호 접속상태 확인	R-GW ASTRO 터미널, ASTRO 시스템 호 수신상태 확인
11	LTE-R과 TETRA간 호 접속상태 확인(상호연동 시스템, TETRA 시스템 확인)	호 접속상태 확인	R-GW TETRAA 터미널, TETRA 시스템 호 수신상태 확인

※ 통화품질 : ITU(국제전지기통신연합)에서 규정한 DAQ(Delivered Audio Quality) 4.0이상

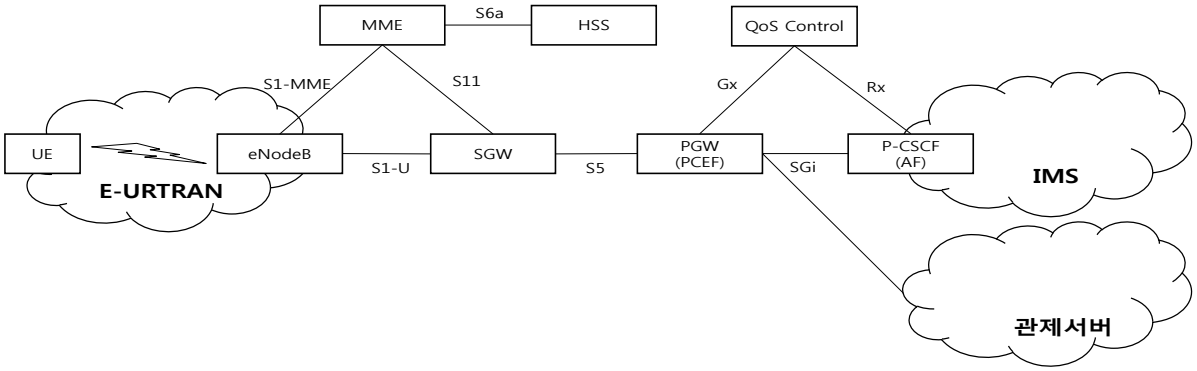
14. 3. QoS 제어시스템 기술개발

가. QoS 제어시스템 요구사항 및 정의

가) QoS(Quality Of Service)는 통신서비스 품질을 보증하기 위한 시스템으로 네트워크 상에서 우선순위 대역폭 등 자원을 할당해 주어진 네트워크 자원에 송신 수요를 관리해주는 시스템이다. 고속철도통합무선망 운영에 특화된 QoS 제어시스템 개발을 위하여 고속철도 환경에서의 LTE-R QoS 관련 요구사항 필요성 파악 및 정의하였다.

(1) 요구사항 정의(연동인터페이스)

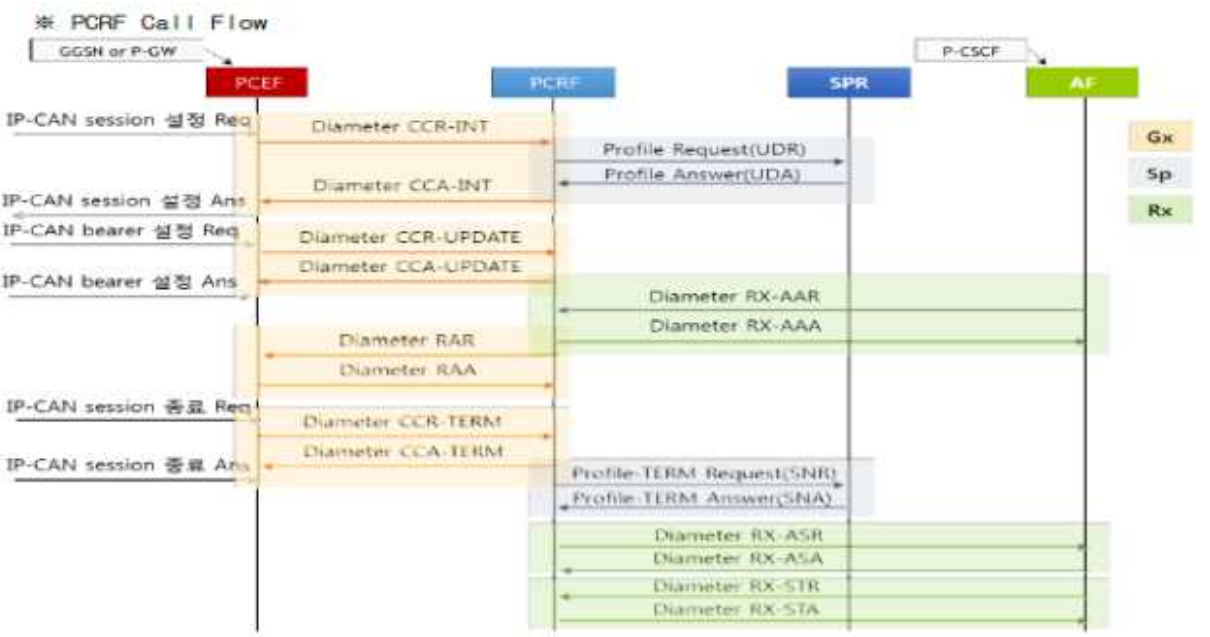
나) QoS제어시스템은 지상인프라(EPC/IMS)와 연동하여 QoS정책을 내려주는 역할을 수행하며, PGW와 Gx interface (3GPP TS 29.212), P-CSCF와 Rx interface(3GPP TS 29.214)를 만족해야 한다. 하위 전송계층은 SCTP 프로토콜을 사용하며, IETF RFC 3588 DIAMETER base 프로토콜을 만족해야 한다.



<그림 3-235> QoS 연동인터페이스 정의

다) PCRF 정의

라) PCRF(Policy and Charging Rules Function) IMS환경내 P-CSCF와 같은 어플리케이션 기능으로부터 얻어지는 세션과 미디어에 관련된 정보를 근거로 정책 및 과금 제어 결정을 내리는 일을 담당한다.



<그림 3-236> PCRF Call 절차도

마) QoS 파라미터

바) LTE 네트워크에서는 EPS Bearer와 SDF로 구분하여 QoS 파라미터를 설정할 수 있으며 EPS Bearer는 LTE 네트워크의 장비간 Bearer, SDF는 PDN을 통해서 LTE 네트워크로 접속된 Session으로 판단할 수 있다.

① EPS Bearer QoS 파라미터

사) LTE 네트워크의 EPC 장비(S-GW ↔ P-GW) 구간 Bearer에 대한 QoS

<표 3-144> EPS Bearer QoS 파라미터 세부설명

정의	설명
QCI (QoS Class Identifier)	서로 다른 QoS특성을 표준화하여 정수값(1~9)으로 표준화 한것으로 표준화된 QoS특성은 자원상태(Resource Type), 우선순위(Priority), 패킷 지연(Packet Delay Budget), 패킷 에러 손실률(Packet Error Loss Rate)로 표현 을 3GPP TS 23.203 표 6.1.7참조
ARP (Allocation and Retention Priority)	망 자원이 부족한 경우 기존 Bearer를 삭제하고 새로 생성할 때 사용하는 우선순위 (Priority 1~15 1:최상)
GBR(Guaranteed Bit Rate)	GBR : 사용 가능한 대역폭을 고정으로 할당된 Bearer로 Packet 송수신이 없어도 대역폭은 계속 점유 Non-GBR : 사용 중 대역폭이 변경될 수 있는 Bearer
APN-AMBR (Access Point Name-Aggregate Maximum Bit Rate)	단말이 해당 PDN으로 접속을 위해 GBR로 할당된 대역폭을 제외하고, 최대로 수용 가능한 나머지 대역폭(Bit Rate)
UE-AMBR (User Equipment-Aggregate Maximum Bit Rate)	단말에서 다수의 PDN으로 접속을 한 상태에서 PDN 구분없이 GBR로 할당된 대역폭을 제외한 나머지 대역폭의 총합
GBR(UL/DL) (Uplink/Downlink)	해당 Bearer에서 보장해야 하는 최소한의 대역폭 (Bit Rate)
MBR(UL/DL) (Maximum Bit Rate)	해당 Bearer에서 허용된 최대 대역폭(Bit Rate)

② SDF QoS 파라미터

아) LTE 네트워크의 EPC 장비(P-GW)와 PDN구간에 대한 QoS

<표 3-145> SDF QoS 파라미터 세부설명

정의	설명	비고
SDF (Service Data Flow)	외부 PDN으로 접속된 Session으로 IP Flow를Source IP, Destination IP, Source Port, Destination Port, Protocol(UDP,TCP) 5개로 필터링한 것으로 SDF 1개에 여러 개의 IP Flow가 포함될 수 있음 (여러 웹브라우저를 통해 한개의 네이버 포탈로 접속한 경우 동일한 SDF로 구분됨)	
GBR(UL/DL) (Guaranteed Bit Rate)	EPS Bearer가 Dedicated Bearer인 경우 GBR(UL/DL) 속성이 포함	

자) PCC Rules

차) LTE가입자가 통신망에 가입할 때 서비스 종류와 요금제를 선택하고, 사업자는 이러한 가입정보를 기준으로 가입 프로파일(Subscription Profile)을 구성하여 가입자의 서비스 이용을 지원/제어한다. LTE서비스를 이용하는 사용자는 서비스별 APN(Access Point Name)으로 EPS세션을 생성 또는 변경한다. 망은 사용자가 EPS

세션을 생성/변경시 망 자원을 어떻게 할당하고 과금은 어떻게 제어할지를 결정하여 세션이 유지되는 동안 적용한다. 이를 정책 및 과금(PCC:Policy and Charging Control)라 하며, PCC 기능을 수행하는 주요 엔티티로 PCRF(Policy and Charging Control Function)와 PCEF(Policy and Charging Enforcement Function)가 있다.

<표 3-146> PCC Rules

APN	Service	Bearer	Rule Name	QCI
ims	Audio	Default	IMS	5
		Dedicated	IMS_GBR	1
		Dedicated	IMS_PTT	1
lte	Video	Default	INTERNET	9
atp	Audio	Default	ATP	69
		Dedicated	ATP_GBR	65

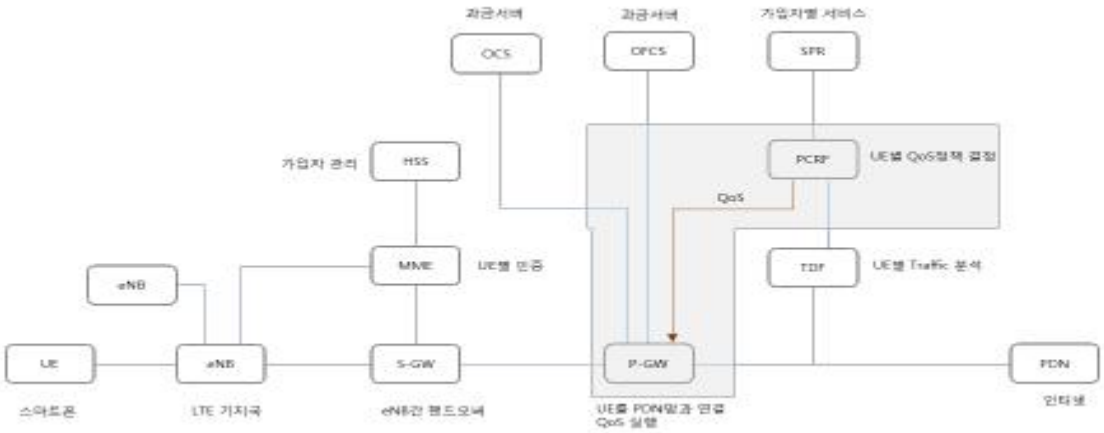
(1) 요구사항 수집

카) LTE Network에서 각 단말의 Session별 Traffic 제어를 위해서 PCRF는 PCEF와 연동하여 QoS 제어를 요청하며, PCEF에 QoS가 적용된 상태에서 실제로 전송된 Traffic상태를 모니터링 하고 TDF를 통해 이를 분석 하여 QoS제어에 활용 할 수 있다.

타) QoS제어시스템은 LTE-R에서 PCRF의 QoS제어기능만을 제공하기 위한 장비로 PCRF와 동일한 장비로 구분한다. QoS분석시스템은 LTE-R에서 PCRF로 내린 QoS에 대해서 정상적으로 Bearer에서 동작하는지를 확인하기 위한 장비이다.

파) LTE 네트워크에서의 QoS

하) PCRF는 P-GW로부터 수신된 Session별 QoS정보와 SPR의 가입자별 서비스 목록으로 해당 Session에 대한 QoS정책을 수립하고 P-GW로 전달하며, P-GW는 PCRF로부터 수신한 QoS정책에 따라 Bearer를 제어한다.



<그림 3-237> LTE Network에서 QoS 연동

* DPI : Deep Packet Inspection / SPR : Subscriber Profile Repository / OCS : Online Charging System / PCEF : Policy & Charging Enforcement Function / TDF : Traffic Detection Function PCRF : Policy & Charging Rules Function

거) QoS 요구사항

너) 이동통신 전화망에서의 QoS는 LTE, GSM 등에서 기준을 제시하고 있으며 일부 site의 특성을 고려하여 별도의 QoS를 추가로 설정하고 운용할 수 있어야 한다.

더) 3GPP에서 정의된 QoS 이외에 site 특성을 고려한 QoS/PCRF 요구

러) ·2014.10 00기지 지휘 정비통제 무선 네트워크 구축사업_공군전력지원 체계사업단

머) ·2015.05 부산도시철도 1호선 열차무선설비 구매 설치

버) ·2015.07 재난안전통신망 구축사업_국민안전처

① LTE에서 정의된 QoS

<표 3-147> LTE 표준 QCI 특성

QCI	Resource Type	Priority	Packet delay budget	Packet error loss rate	서비스 예
1	GBR	2	100ms	10^{-2}	실시간 대화형 음성
2		4	150ms	10^{-3}	실시간 대화형 화성(라이브 스트리밍)
3		3	50ms	10^{-3}	실시간 게임
4		5	300ms	10^{-5}	비대화형 화상(버퍼링 스트리밍)
5	Non-GBR	1	100ms	10^{-3}	IMS 신호발생
6		6	300ms	10^{-5}	화상(버퍼 스트리밍) TCP기반(WWW, e메일, 채팅, FTP, P2P 파일공유, 프로그래시브 비디오
7		7	100ms	10^{-5}	음성, 화상(버퍼 스트리밍), 대화형 게임
8		8	300ms	10^{-3}	화상(버퍼 스트리밍) TCP기반(WWW, e메일, 채팅, FTP, P2P 파일공유, 프로그래시브 비디오

* Priority=1인 QCI-5에 대해서 최우선적으로 트래픽 전송을 시작하지만 대역폭이 고정된 QCI-1이 (Priority=2) 가장 안정적으로 서비스를 제공 받을 수 있음

* 관련근거 : 3GPP TS 23.203

② 3GPP Release 12에서 새로 추가된 QCI

서) 공공안전용 PTT(Push to Talk)를 위해서는 현재까지 정의된 QoS보다 훨씬 더 엄격한 서비스 요구조건 도입이 필요함에 따라, Rel-12에서 새로운 QoS 클래스 식별자(QoS class identifier, QCI)가 정의 되었다. 관련근거는 3GPP Release 12 기술규격 분석(기술보고서)이다.

<표 3-148> 3GPP Rel-12에 추가된 QCI

QCI	Resource Type	Priority	Packet delay budget	Packet error loss rate	서비스 예
65	GBR	0.7	0.075sec	10^{-2}	공공안전용 PTT 음성 미디어 데이터
66		2	0.1sec	10^{-2}	일반 PTT 음성 미디어 데이터
69	Non-GBR	0.5	0.06sec	10^{-6}	공공안전용 PTT 시그널링 데이터
70		5.5	0.2sec	10^{-6}	공공안전용 비디오 데이터

③ GSM-R에서 정의된 QoS

어) GSM-R의 경우 QoS파라미터에 대한 정의는 없으며, 전체 서비스 관점에서 일정 수준 이상을 만족해야 한다는 내용만 정의되어 있다. 관련근거는 GSM-R 표준규격(SUBSET 093)이다.

<표 3-149> GSM-R에서 요구하는 QoS

QoS 파라미터	기준 값
Connection establishment delay of mobile originated calls (모바일 초기 통화의 연결 수립 지연)	< 8.5s(95%) <= 10s (100%) 단말에서 8.5 초 이내 통화연결 성공율은 95% 단말에서 10 초 이내 통화연결 성공율은 100%
Connection establishment error ratio (연결 수립 에러율)	< 10 ⁻2 단말이 연결을 시도했을 때 에러는 0.01%이하
Maximum end-to-end transfer delay (of 30byte data block) (최대 E2E 전송 지연(30byte 데이터 블록)	<= 0.5s (99%) 단말에서 30byte 짜리 패킷을 종단(단말 or 시스템)으로 0.5 초 이내 전송시 성공율은 99%
Connection loss rate (연결 손실률)	<= 10 ⁻2/h
Transmission interference period (전송 간섭 기간)	<0.8s(95%), 1s(99%)
Error-free period (에러 없는 기간)	>20s(95%), >7s(99%)
Network registration delay (네트워크 등록 지연)	<=30s(95%), <=35s(99%), <=40s(100%) 단말이 서버에 등록을 요청했을 때 30 초 이내로 성공할 확률이 95%

④ LTE-R QoS 요구

저) 국내 LTE-R과 관련하여 TTA에서 철도통신에 특화된 QoS 서비스를 요구하며 관련 근거는 TTAK.KO-06.0369 LTE 기반 철도통신 기능 요구사항이다.

<표 3-150> TTA에서 요구하는 LTE-R 관련 QoS 요구사항

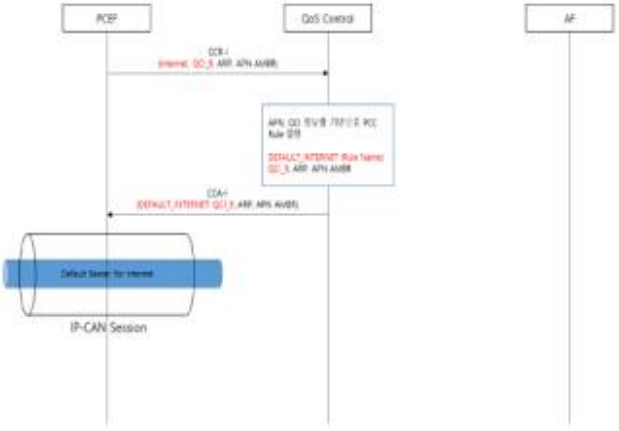
항목	내용
통화시간 설정	철도긴급통화 < 1초(90%), < 2초(100%) 방송 및 그룹통화 < 1초(90%), < 2.5초(100%) 상기사항에 의해 해당 되지 않는 모든 음성/영상 통화* < 3.5초(90%), < 5초(100%)
핸드오버 성공률	네트워크는 끊김없는 데이터 전송이 가능해야 하며 핸드오버 성공률은 99% 이상 이어야한다.
호 접속 성공률	통화 호 접속 성공률은 99%이상이어야 한다.
장시간 접속 절단률	장시간 통화를 하면서 시간당 0.01회 이하의 절단률을 보장해야 한다.
열차제어 데이터 전송	네트워크는 열차제어를 위한 데이터 전송을 위해 99% 이상의 데이터 신뢰성을 보장해야 한다. 열차제어 데이터는 가장 높은 수준의 우선순위를 가져야 한다.

나. 나. QoS 제어시스템 설계

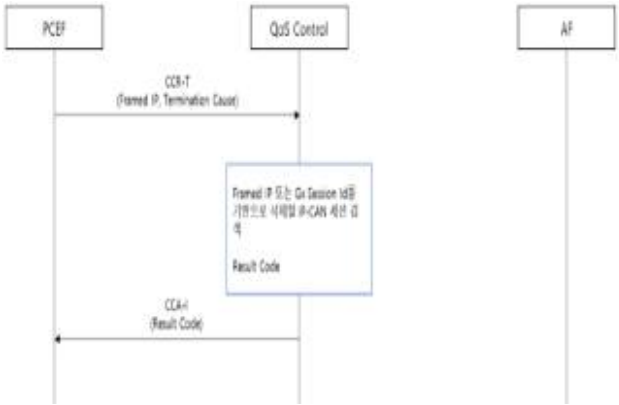
(1) (1) QoS 호처리 절차

나) (가) internet APN

① internet APN Default Bearer 생성 및 삭제



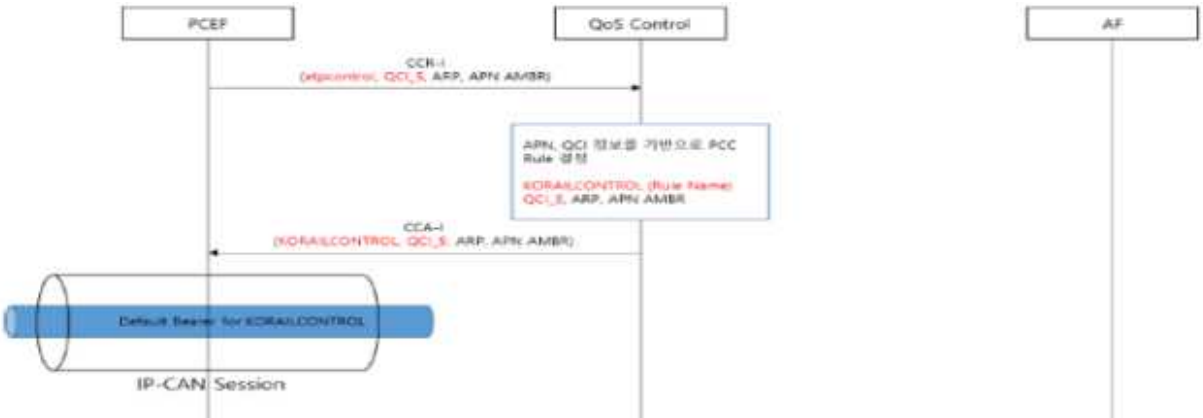
<그림 3-238> internet APN을 위한 Default Bearer 생성절차



<그림 3-239> internet APN을 위한 Default Bearer 삭제

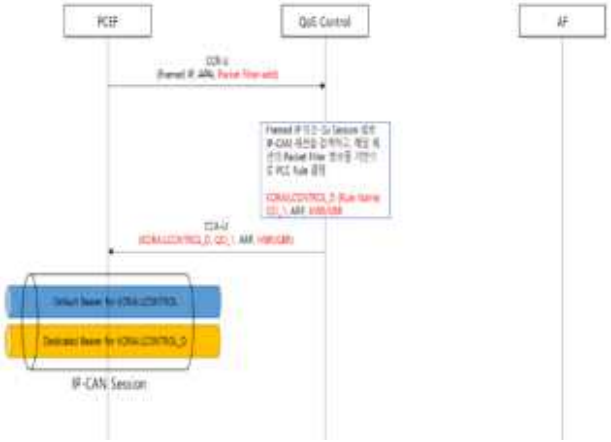
다) (나) atpcontrol/atocontrol APN

① atocontrol/atocontrol APN Default Bearer 생성

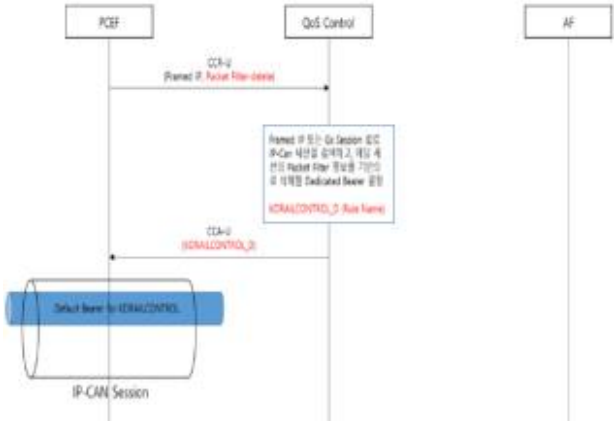


<그림 3-240> atpcontrol/atocontrol APN Default Bearer 생성

② atocontrol/atocontrol APN Dedicated Bearer 생성 및 삭제



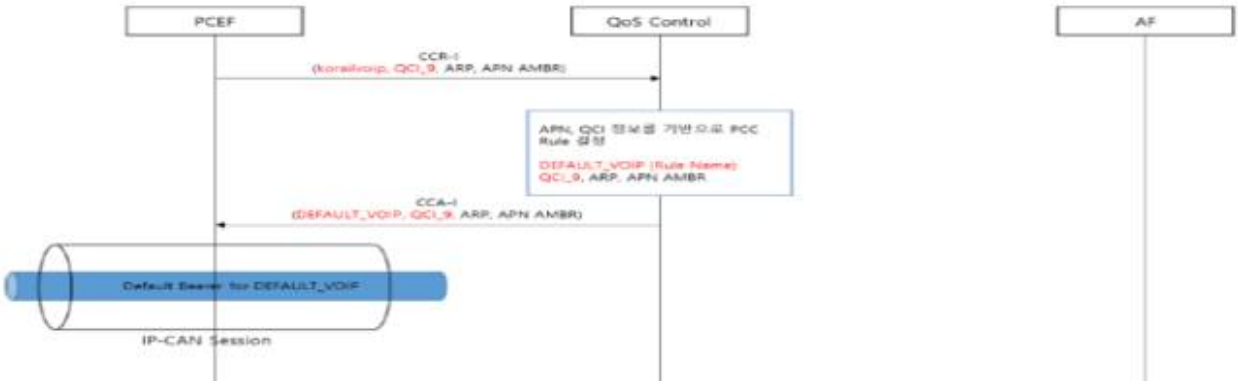
<그림 3-241> atpcontrol/atocontrol APN Dedicated Bearer 생성



<그림 3-242> atpcontrol/atocontrol APN Dedicated Bearer 삭제

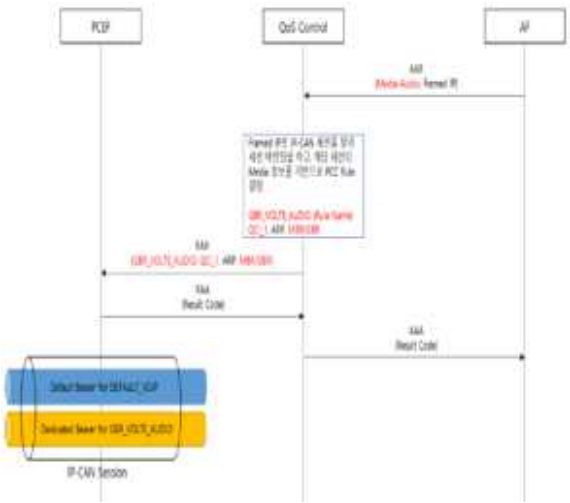
라) (다) korailvoip APN

① korailvoip APN Default Bearer 생성

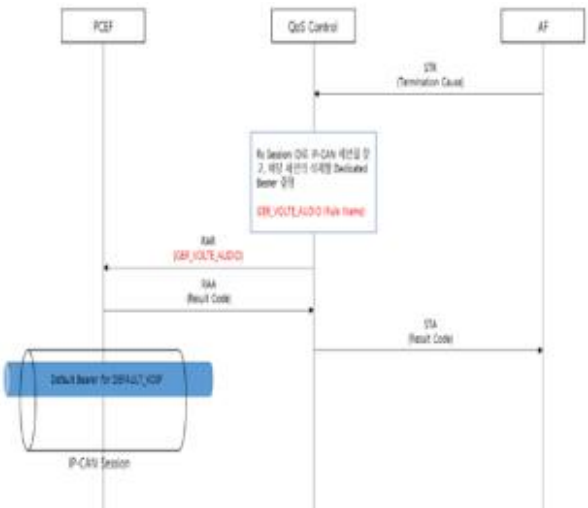


<그림 3-243> korailvoip APN Default Bearer 생성

② korailvoip APN Dedicated Bearer 생성 및 삭제



<그림 3-244> korailvoip APN Dedicated Bearer 생성



<그림 3-245> korailvoip APN Dedicated Bearer 삭제

(1) 연동메시지 및 파라미터

마) Gx 인터페이스

바) QoS제어시스템은 IETF RFC 3588 DIAMETER Base protocol 및 3GPP TS 29.212 규격을 만족합니다. 규격에 정의하는 Gx Application ID와 3GPP Vendor ID를 지원하며, Route entry는 메시지의 Application Identification AVP를 기반으로 서로 다른 목적지를 가질 수 있음으로, Diameter agent(Relay, Proxy, Redirection, Translation agent)는 적절한 라우팅 테이블을 생성하기 위해 Auth-Application-Id AVP에 3GPP Rx 어플리케이션을 인식할 수 있게 설정되어야 합니다. 따라서, Gx Application Identification은 Auth-Application-Id AVP에 포함된다.

① Path Protocol

사) Gx 인터페이스는 PCEF (PGW)와 QoS제어시스템간 연동 인터페이스로 Path Protocol로 SCTP/IP 또는 TCP/IP를 사용합니다. SCTP/IP 프로토콜은 RFC 4960을 준수하며, TCP/IP 프로토콜은 RFC 793 규격을 준수한다.

② 메시지 형식

- 메시지 기본형식은 Diameter 메시지 포맷과 동일하다.

Byte Offset	0								1								2								3							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	Version								Message Length																							
4	R	P	E	T	r	r	r	r	Command Code																							
8	Application Identifier																															
12	Hop-by-Hop Identificer																															
16	End-to-End Identificer																															
20	AVPs																															

<그림 3-246> Diameter 헤더 포맷

Gx	0x01	760
	1 1 0 0 0 0 0 0	272 (Credit-Control)
	16777238 (Gx)	
	0xadb1d9ff	
	0x05c675d8	
	Session-Id (263)	

<그림 3-247> Gx 인터페이스 Diameter 헤더 포맷

-AVP 파라미터의 포맷은 다음과 같다.

Byte Offset	0								1								2								3							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	AVP Code																															
4	V	M	P	r	r	r	r	r	AVP Length																							
8	Vendor ID (optional)																															
12	Data																															

<그림 3-248> AVP 포맷

아) Rx 인터페이스

① Path Protocol

자) Rx 인터페이스는 AF (P-CSCF)와 QoS제어시스템간 연동 인터페이스로 Path Protocol로 SCTP/IP 또는 TCP/IP를 사용합니다. SCTP/IP 프로토콜은 RFC 4960을 준수하며, TCP/IP 프로토콜은 RFC 793 규격을 준수한다.

② 메시지 형식

- 메시지 기본형식은 Diameter 메시지 포맷과 동일하다.

Rx	0x01	1|412
	1 1 0 0 0 0 0 0	265 (AA)
	16777236 (Rx)	
	0x471a6c2e	
	0xa79a6c2e	
	Session-Id (263)	

<그림 3-249> Rx 인터페이스 Diameter 헤더 포맷

-AVP 파라미터의 포맷은 다음과 같다.

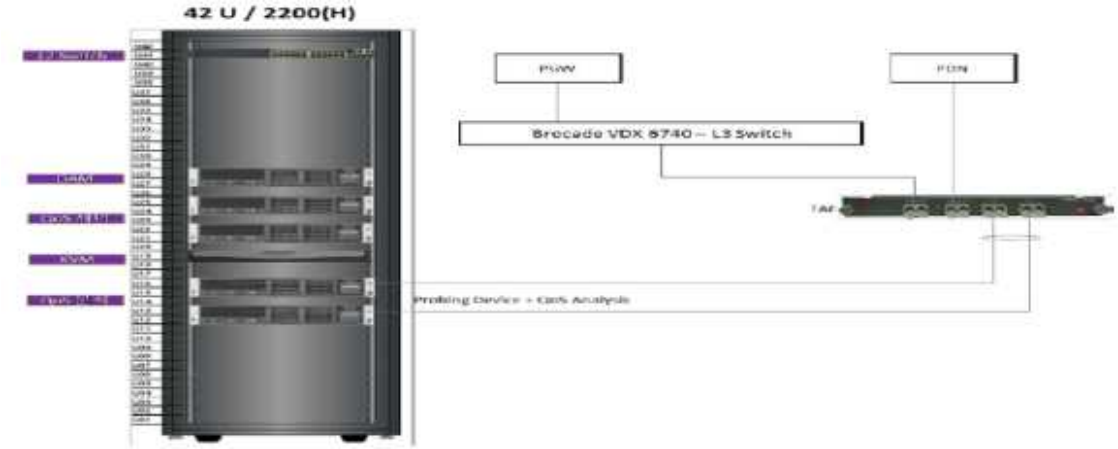
Byte Offset	0								1								2								3							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	AVP Code																															
4	V	M	P	r	r	r	r	r	AVP Length																							
8	Vendor ID (optional)																															
12	Data																															

<그림 3-250> AVP 포맷

(1) LTE-R QoS 분석서버

차) 시스템 구성

카) QoS 분석시스템은 물리적으로 QoS분석 서버와 TAP으로 구성되어 있으며, QoS분석 서버는 논리적으로 Probing Device와 QoS Analysis 모듈로 분리되어 있다.



<그림 3-251> QoS 분석 시스템 형상

타)

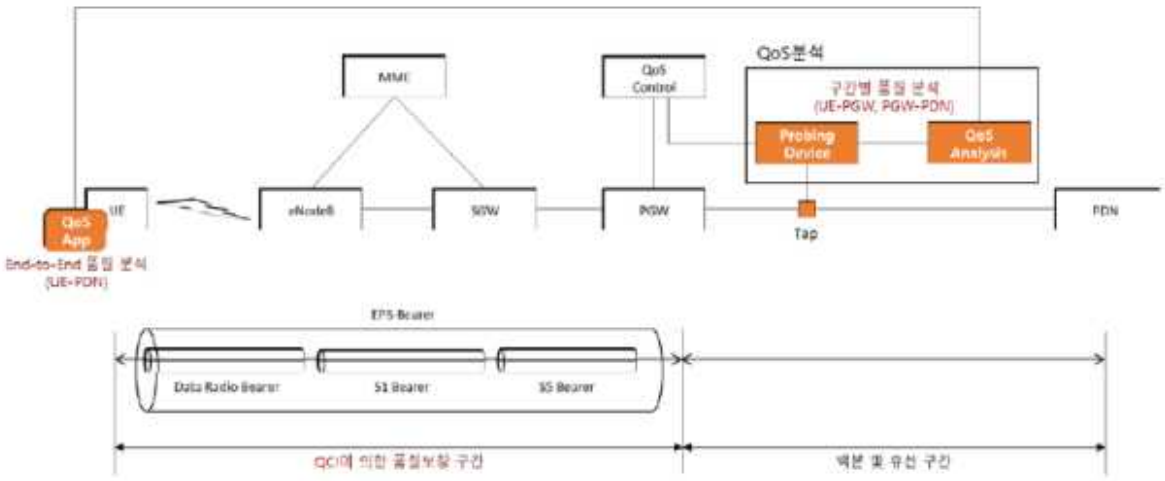
<표 3-151> QoS 분석 시스템 설명

구분	기능	비고
QoS 분석	Probing Device와 QoS Analysis 모듈로 구성 Probing Device는 Raw Packet을 분석하여 UDR 생성 QoS Analysis는 UE에서 생성한 UDR과 Probing Device에서 생성한 UDR을 Correlation하여 LTE-R 망의 End-to-End 망 품질을 분석	
TAP	Passive Monitoring을 위한 장치 LTE-R망에 영향을 주지않고 트래픽을 모니터링	

파) 시스템 기능

하) 단말은 LTE-R 망의 End-to-End 품질 분석을 위해 UDR을 생성하고, QoS분석 시스템으로 해당 UDR을 전송한다. Probing Device는 LTE-R망에서 Mirroring한 Packet을 분석하여 UDR을 생성하고, QoS분석 시스템으로 해당 UDR을 전송한다. QoS Analysis는 단말이 생성한 UDR과 Probing Device가 생성한 UDR을

Correlation하여 LTE-R 망의 End-to-End 또는 구간별 품질 분석을 수행한다.



<그림 3-252> QoS 분석 시스템 망 구성도

<표 3-152> QoS 분석 시스템 망 설명

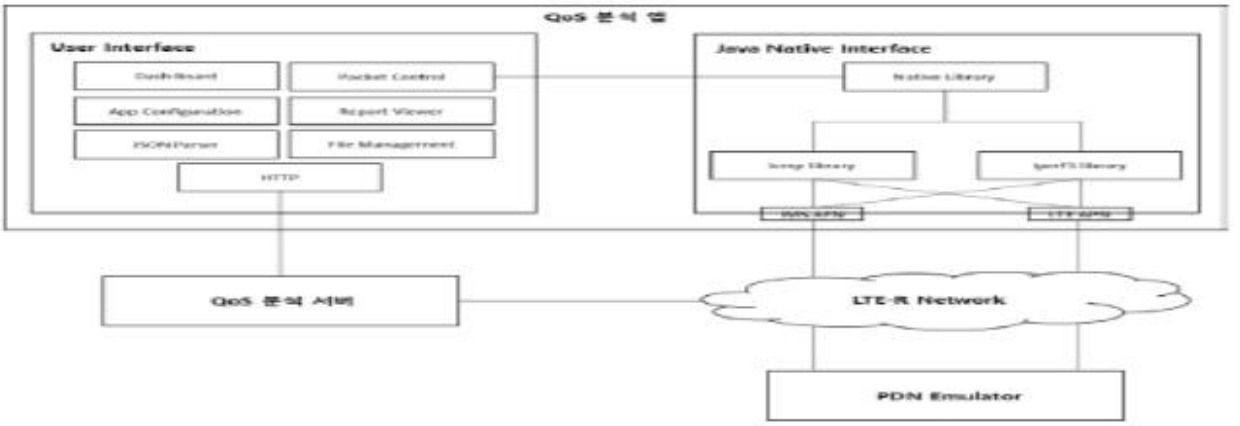
구분	기능	비고
TAP	1/10 Gbps SFP + 연결제공	
	단말 기준 Up/Downlink Traffic을 모니터링	
	전원 상관없이 Passive 모니터링 제공	
Probing Device	TAP에서 들어오는 Traffic 분석	
	XLA를 이용한 세션 생성 및 삭제	
	UE ICMP Packet을 기반으로 한 Call log 저장	
	APN-AMBR uplink/downlink Traffic 분석	
	UDR 생성	
QoS Analysis	UDR 저장	
	단말 UDR과 Probing Device UDR Correlation	
	분석 리포트 생성	
	UI & Dashboard	
	운영관리 OAM	
QoS	PDN별 ICMP 전송	
APP	PDN별 uplink/downlink 대역폭 측정	
	UE-UDR 생성 및 QoS 분석시스템 전송	
	UI & Dashboard	

거) Probing Device에서 SGi 인터페이스로 지나가는 모든 Packet을 Mirroring하기 위해 고속 네트워크 Packet 처리 기술인 DPDK를 활용한다.

(1) LTE-R QoS 분석 앱

너) (가) QoS 분석 앱 구조 및 기능

더) QoS 분석 앱은 LTE-R QoS 분석시스템의 일부이며 ICMP 메시지 전송, 응답 받은 ICMP 메시지 분석, Uplink/Downlink 대역폭 측정, QoS 분석, UI 및 Dashboard 역할을 수행한다.



<그림 3-253> QoS 분석 앱 구조

<표 3-153> QoS 분석 앱 설명

인터페이스	모듈	설명	비고
User Interface	Dash Board	QoS 측정현황 출력	
	Packet Control	QCI, APN-AMBR 측정을 위한 JNI 함수 호출	
		측정 요청 제어와 응답 결과를 처리하는 스레드 관리	
	App Configuration	App 구동을 위한 설정 정보처리	
	Report Viewer	QoS 측정 결과를 리포트 형식으로 보여줌	
	JSON Parser	JSON 포맷 인코딩 및 디코딩	
	File Management	UDR 관리	
	HTTP	HTTP 메시지 송/수신 처리	
Native Interface	Native Library	User Interface와 JNI Interface 간 연동 라이브러리	
	Icmp Library	Packet delay 및 loss를 측정하기 위한 라이브러리	
	Iperf3 Library	Uplink/Downlink Traffic 측정을 위한 리이브러리	

러) (나) 개발환경 정의

<표 3-154> QoS 분석앱 개발 환경 정의

구분	설명
운영체제	Window 10/ 64bit
JAVA JDK	1.8.0_91
Android Studio	2.2.2
Android SDK	Lollipop(5.0) API Level 21
Android NDK	r12b
Library	Retrofit 2.1.0 Converter-gson 2.1.0 Okhhp3 3.4.2 Logging-interceptor 3.4.2

다. QoS 제어시스템 제작 및 구축

(1) QoS 제어시스템 시작품 제작 및 구성

나) 시작품 제작 구축

① QoS 제어시스템 : QoS 관리서버

② OMP/OMC : 운영관리서버/운용관리 GUI 클라이언트



<그림 3-254> QoS 제어시스템 시작품 구성(랙 구성도, OMP, OMC)

(1) 구축장비 사양

다) QoS 제어시스템



Model	HP DL380 G9
CPU	Intel Xeon E5-2640 2.6㎓ 2CPU*8 Core
DISK	HDD SAS 300GB*2EA
Memory	16GB
OS	Red Hat Enterprise Linux 2.6.32-504

라) OMP 서버



Model	HP DL380 G9
CPU	Intel Xeon E5-2640 2.6㎓ 2CPU*8 Core
DISK	HDD SAS 300GB*2EA
Memory	16GB
OS	Red Hat Enterprise Linux 2.6.32-504

라. QoS 제어시스템 시작품 250km/h 속도대역 자체검증

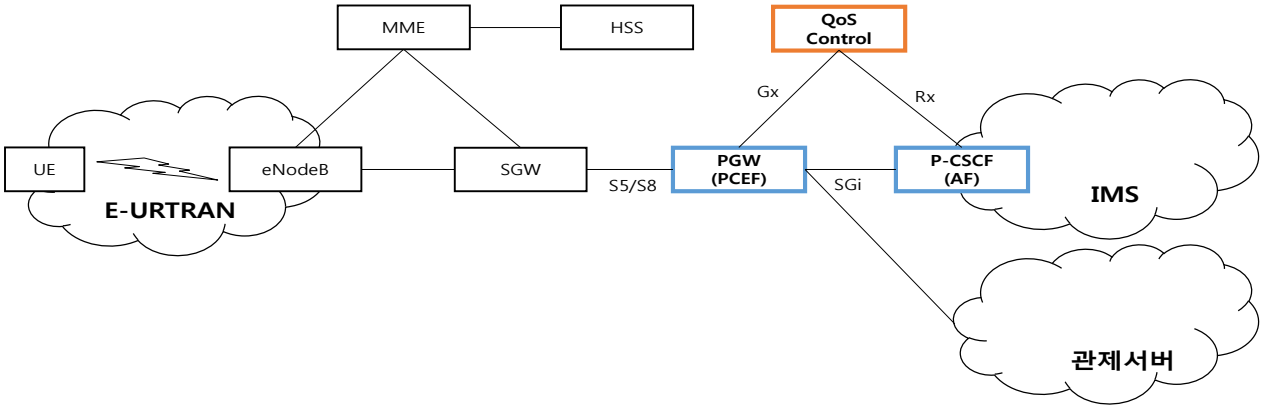
(1) (1) QoS 제어시스템 시작품 자체검증 개요

마) (가) 자체검증 개요

250~300km/h 속도대역에서 LTE 기반의 철도전용 무선통신망(LTE-R)에 Qos 정책을 제공하고 단말 초기 시작 시 네트워크 등록절차를 수행하는데 걸리는 시간을 측정

① 시험장소 : 정읍시험센터, KTX

② 시험망 구성도



③ 시험망 구성 장치

- UE (User Equipment): 휴대단말 또는 차상단말
- eNodeB (RU/DU): 기지국
- MME (Mobility Management Entity): 단말의 이동성 관리 장치
- SGW (Serving Gateway): EPC 핵심 장치
- PGW (Packet Data Network Gateway): EPC 핵심 장치
- HSS (Home Subscriber Server): 가입자 프로파일 관리 장치
- QoS Control: QoS 제어 장치
- P-CSCF(Proxy-Call Session Control Function): IMS 장치

④ 시험망 연동 정보

	장치	연동 정보
1	QoS Control	pcrf1.eluon.com (10.25.16.2, SCTP/GX/RX)
2	PGW	vgw.safety.org (10.25.23.6, SCTP/GX)
3	P-CSCF	pcscf1.safety.org (10.25.23.7, SCTP/RX)
4	UE	APN: ims.ktfwing.com, lte.ktfwing.com

⑤ Pre-defined Rule 설정 정보

	Pre-defined Rule	APN
1	IMS	ims.ktfwing.com
2	INTERNET	lte.ktfwing.com

<표 3-155> 시험항목 및 검증기준

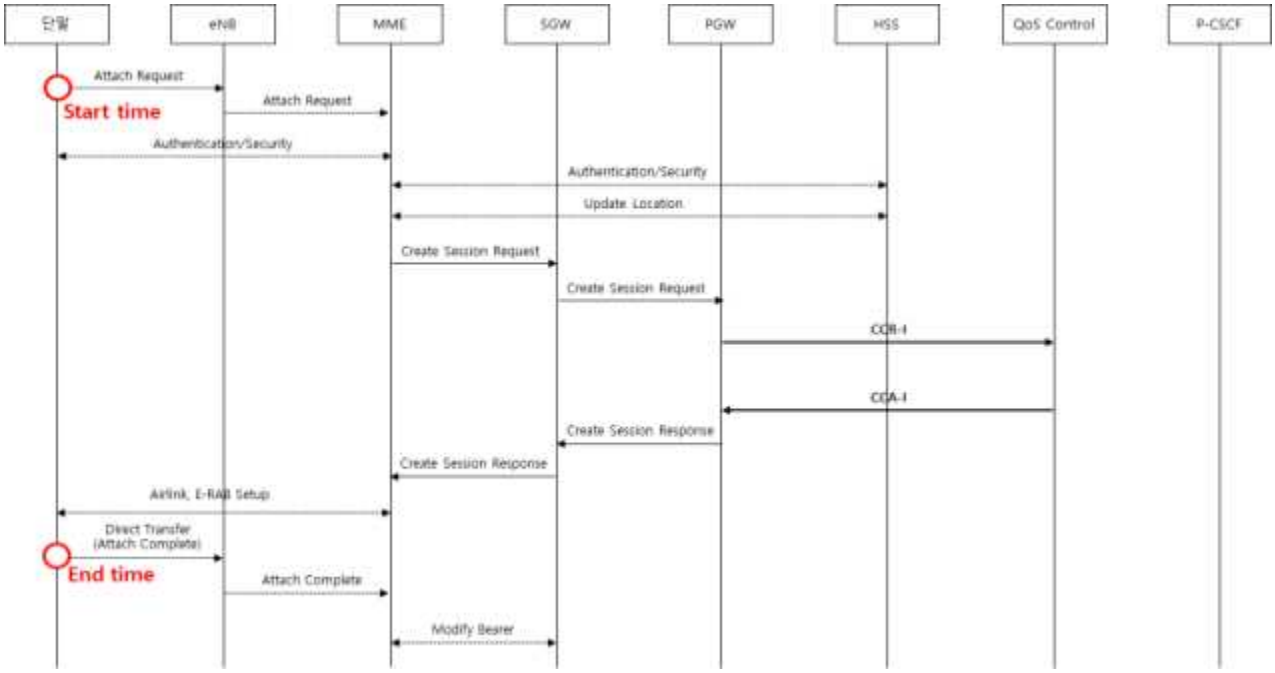
번호	항 목	검증기준	관 련 표 준
1	네트워크 등록시간	(RACH ~ Attach Complete) < 500ms	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서 3GPP Technical Specification

바) 주요 시험항목 및 검증기준

(1) QoS 제어시스템 시작품 자체검증 결과

사) 네트워크 등록시간 측정

단말 초기 시작 시 정지된 상태에서 네트워크 등록 절차를 수행하는데 걸리는 시간을 측정



① 단말의 전화 및 네트워크 기능을 Off 상태에서 On으로 변경

– 단말 네트워크 등록 시 세션정보

```
OMC:2016-02-22 15:48:23
  INPUT : DIS-IP-CAN-SESS:IMSI="450081085300001";
Command accepted
pcrf1 2016-02-22 15:48:37.680
M01101 Display IPCAN Session
  ================================================================================
  IMSI                              : 450081085300001
  Access Point Name                  : ims.ktfwing.com
  Framed IPv4 Addr                   : 10.64.0.58
  Framed IPv6 Prefix                : n/a
  --------------------------------------------------------------------------------
  Gx    Diam Session Id              : vgw.safety.org;1455354782;593;2429622
  Rx    Diam Session Id              : n/a
  PCEF Diam Host                     : vgw.safety.org
  PCEF Diam Realm                    : kt.com
  AF    Diam Host                    : n/a
  AF    Diam Realm                   : n/a
  IP CAN TYPE                        : 3GPP_EPS
  RAT Type                           : EUTRAN
  User Equip Info                   : 0 ('N/A')
  User Location Info                : 'TAI_ECGI' 'MCC_MNC':'45008' 'TAC':'0x0000'
  Recv Event Trigger                : 0
  PCEF Supported Features            : (0x2)Rel 9
  AF    Supported Features           : N/A
  Bearer Control Mode                : UE_NW
  --------------------------------------------------------------------------------
  AF Specific Action                : 0
  AF Application Id                 : N/A
  AF Charging Id                     : N/A
  --------------------------------------------------------------------------------
  EPS Bearer Informations           : Count ( 1 )
   - Bearer QCI                      : 5
  --------------------------------------------------------------------------------
  3GPP User Location Info
  EPS Auth APN-AMBR-UL               : 25.00 M
  EPS Auth APN-AMBR-DL               : 75.00 M
  EPS Auth GBR-UL                   : 0
  EPS Auth GBR-DL                    : 0
```

```
--------------------------------------------------------------------------------
Session Create Time              : 2016/02/22 15:48:04
Session Update Time              : 2016/02/22 15:48:04
--------------------------------------------------------------------------------
Charging-Rule-Base-Name          : Count ( 001 )
IMS ('G')
================================================================================
================================================================================
IMSI                             : 450081085300001
Access Point Name                : lte.ktfwing.com
Framed IPv4 Addr                 : 10.64.0.101
Framed IPv6 Prefix               : n/a
--------------------------------------------------------------------------------
Gx   Diam Session Id             : vgw.safety.org;1455354783;594;2433718
Rx   Diam Session Id             : n/a
PCEF Diam Host                   : vgw.safety.org
PCEF Diam Realm                  : kt.com
AF   Diam Host                   : n/a
AF   Diam Realm                  : n/a
IP CAN TYPE                      : 3GPP_EPS
RAT Type                         : EUTRAN
User Equip Info                  : 0 ('N/A')
User Location Info               : 'TAI_ECGI' 'MCC_MNC':'45008' 'TAC':'0x0000'
Recv Event Trigger               : 0
PCEF Supported Features          : (0x2)Rel 9
AF   Supported Features          : N/A
Bearer Control Mode              : UE_NW
--------------------------------------------------------------------------------
AF Specific Action               : 0
AF Application Id                : N/A
AF Charging Id                   : N/A
--------------------------------------------------------------------------------
EPS Bearer Informations          : Count ( 1 )
 - Bearer QCI                    : 6
--------------------------------------------------------------------------------
3GPP User Location Info
EPS Auth APN-AMBR-UL             : 50.00 M
EPS Auth APN-AMBR-DL             : 100.00 M
EPS Auth GBR-UL                  : 0
EPS Auth GBR-DL                  : 0
--------------------------------------------------------------------------------
Session Create Time              : 2016/02/22 15:48:05
Session Update Time              : 2016/02/22 15:48:05
--------------------------------------------------------------------------------
Charging-Rule-Base-Name          : Count ( 001 )
INTERNET ('G')
================================================================================
```

② 단말 DM Tool에서 등록시간을 측정

<표 3-156> QoS 제어시스템 단말 DM Tool 측정 결과

메시지	메시지 송/수신 시간
Attach Request	06:27:48.298
Authentication Request	06:27:48.373
Authentication Response	06:27:48.540
Security Mode Command	06:27:48.572
Security Mode Complete	06:27:48.575
Attach Accept	06:27:48.640
Attach Complete	06:27:48.670

- 네트워크 등록시간 = Attach Complete 전송시간 - Attach Request 전송시간

15. ※ 0.372초 = 06:27:48.670 - 06:27:48:298

16.

③ 단말의 전화 및 네트워크 기능을 On 상태에서 Off로 변경

```
OMC:2016-02-22 16:02:34
  INPUT : DIS-IP-CAN-SESS:IMSI="450081085300001";
Command accepted
pcrf1 2016-02-22 16:02:48.760
M01101 Display IPCAN Session
  Result  : SUCCESS
  Message : Data is Empty.
COMPLETED
```

- 단말 네트워크 등록 시 세션정보

④ 1번과 3번 절차를 반복 수행하여 평균 등록 시간을 측정

<표 3-157> QoS 제어시스템 네트워크 등록시간 측정 결과

항 목	네트워크 등록시간
최대값	0.4448초
최소값	0.372초
평균값	0.414초

~~가.~~ 마. QoS 제어시스템 시제품 제작 및 자체 기능시험

(1) (1) QoS 제어시스템 시제품 제작

나) (가) 기능정의

<표 3-158> QoS 제어시스템 기능정의

파라미터	설명
QCI	QoS Class Identifier LTE-R 표준화된 QoS 특성의 집합을 표시
ARP	Allocation and Retention Priority 네트워크 자원 부족 시 기존 베어러를 삭제하기 위한 우선순위
GBR	Guaranteed Bit Rate 철도 바이탈 정보에 대한 전송을 보장하는 대역폭
Non-GBR	Non - Guaranteed Bit Rate 네트워크의 상황에 따라서 Best-effort로 전송 가능한 대역폭
MBR	Maximum Bit Rate 최대 수용 가능한 대역폭
APN-AMBR	Access Point Name - Aggregate Maximum Bit Rate GBR로 할당된 대역폭을 제외한 APN 최대 수용 가능한 대역폭
UE-AMBR	User Equipment - Aggregate Maximum Bit Rate 휴대단말 또는 차상단말 별로 APN 구분 없이 GBR로 할당된 대역폭을 제외한 최대 수용 가능한 대역폭

-Default 베어러는 Non-GBR 베어러를 가지며, APN-AMBR로 대역폭이 결정됨

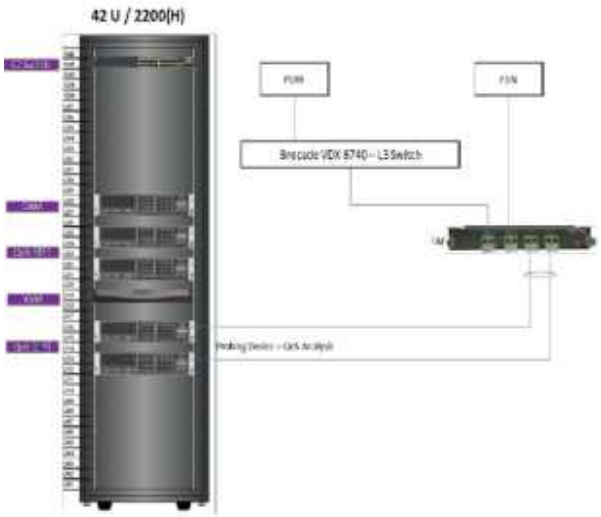
-Dedicated 베어러는 Non-GBR 또는 GBR 베어러를 가지며, Non-GBR 베어러는 MBR로 대역폭이 결정되며, GBR 베어러는 GBR 및 MBR로 대역폭이 결정됨

QoS Class Ideintifier (QCI)						Allocation & Retention Priority (ARP)			MBR		GBR		APN-AMBR		UE-AMBR		Services
QCI	GBR	Non-GBR	Priority	Delay (ms)	Error Loss	Priority	Preemption-Capability	Preemtion-Vulnerability	UL (Kbps)	DL (Kbps)	UL (Kbps)	DL (Kbps)	UL (Kbps)	DL (Kbps)	UL (Kbps)	DL (Kbps)	
1	O		2	100	10^{-2}	1	enabled	disabled	100	100	75	75					PTT 및 VoLTE 음성
2	O		4	150	10^{-3}	2	enabled	disabled	2,500	2,500	2,000	2,000					PTT 및 VoLTE 영상
3	O		3	50	10^{-3}	3	disabled	enabled									
4	O		5	300	10^{-6}	4	disabled	enabled									
65	O		0.7	75	10^{-2}	0.1	enabled	disabled	50	50	25	25					열차제어, McPTT
66	O		2	100	10^{-2}		disabled	enabled									
reserved	O																열차제어
5		O	1	100	10^{-6}	5	enabled	disabled					25,000	75,000			IMS 및 PTT 신호처리
6		O	6	300	10^{-6}	6	disabled	enabled									
7		O	7	100	10^{-3}	7	disabled	enabled									
8		O	8	300	10^{-6}	8	disabled	enabled									
9		O	9	300	10^{-6}	8	disabled	enabled					50,000	100,000			Non-vital 데이터
69		O	0.5	60	10^{-6}	0.5	enabled	disabled					25,000	75,000			열차제어, McPTT
70		O	5.5	200	10^{-6}		disabled	enabled									
reserved		O															열차제어

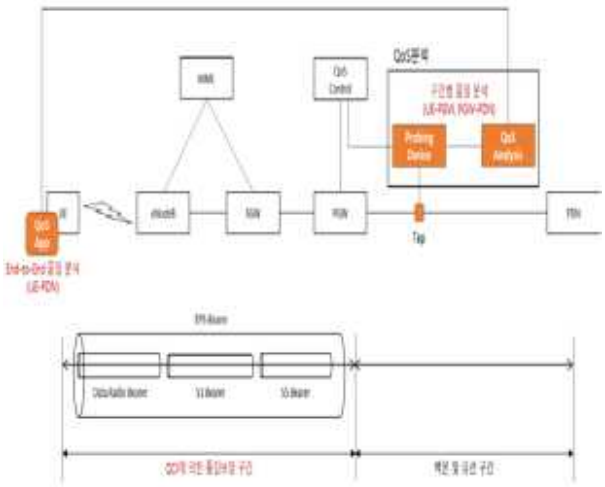
<그림 3-255> LTE-R PCRF 기능시험정의서 3장 철도서비스별 QoS 파라미터

(1) (나) Qos 제어시스템 업그레이드 및 분석 서버, 앱 제작

① Qos시스템 분석 서버 제작



<그림 3-256> Qos 시스템 형상



<그림 3-257> QoS 분석 시스템 망 구성도

-단말은 LTE-R 망의 End-to-End 품질 분석을 위해 UDR을 생성하고, QoS분석 시스템으로 해당 UDR을 전송함. Probing Device는 LTE-R망에서 Mirroring한 Packet을 분석하여 UDR을 생성하고, QoS분석 시스템으로 해당 UDR을 전송한다. QoS Analysis는 단말이 생성한 UDR과 Probing Device가 생성한 UDR을 Correlation하여 LTE-R 망의 End-to-End 또는 구간별 품질 분석을 수행

② QoS 분석 앱 제작

<표 3-159> QoS 제어시스템 네트워크 등록시간 측정 결과

구 분	설 명
운영체제	Window 10/ 64bit
JAVA JDK	1.8.0_91
Android Studio	2.2.2
Android SDK	Lollipop(5.0) API Level 21
Android NDK	r12b
Library	Retrofit 2.1.0 Converter-gson 2.1.0 Okhhp3 3.4.2 Logging-interceptor 3.4.2



Main 화면 QCI 리포트 Layout 화면 Downlink APN-AMBR 측정화면

<그림 3-258> QoS 분석앱

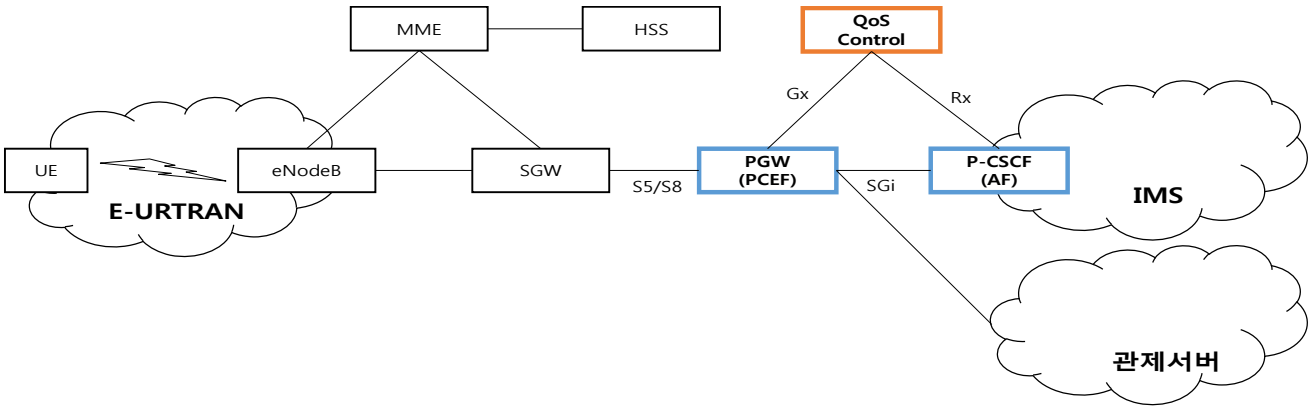
(2) QoS 제어시스템 시제품 자체검증 개요

다) 자체검증 시험개요

① 시험개요

QoS 제어제스템의 운용관리, 성능 및 이중화에 대한 기능 검증

② 시험구성



<그림 3-259> 시제품 시험을 위한 시험망 구성도

-PGW (Packet Data Network Gateway): EPC 핵심 장치(PCEF Simulator)

-QoS Control: QoS 제어 장치

-P-CSCF (Proxy-Call Session Control Function): IMS 장치(Simulator)

라) 주요 시험항목 및 내용

	시험 항목	항목명	시험 내용
마)	운용관리	시스템 관리	시스템 기동 시험
			시스템 종료 시험
			하드웨어 리소스(CPU, Memory, Disk, NIC)상태 감시 기능
		프로세스 관리	개별 프로세스 기동 기능
			개별 프로세스 종료 기능
			프로세스 상태 감시 기능
		연동 시스템 관리	P-GW 연동 상태 감시 기능
			P-CSCF 연동 상태 감시 기능
		Trace	호 처리 Trace 기능
	성능	네트워크 등록 시간	네트워크 등록시간 측정 시험
	이중화	연동 이중화	연동 시스템 이중화 기능
		프로세스 및 시스템 이중화	DCMD - DTMD간 이중화 기능
			DTMD - PCRFD간 이중화 기능
			PCRF - DBSD간 이준화 기능
			시스템 호 처리 프로세스 이중화 기능
		동기화 기능	TRACE 동기화 기능
			Diameter Peer/Realm 동기화 기능

(1) QoS 제어시스템 시제품 자체검증 결과

바) (가)항목별 검증결과

① 시스템 기동 / 종료 시험

QoS제어시스템의 Power를 On하였을 때, 정상적으로 기동 / 종료되는지 확인

- QoS제어시스템에 해당하는 프로세스를 Start함으로써 QoS 제어시스템이 정상적으로 기동/종료 하는 모습을 확인할 수 있음. QoS제어시스템이 정상적으로 기동할 경우 왼쪽 System Monitoring 부분에서 QoSC1 및 QoSC2가 녹색으로 출력됨



<그림 3-260> QoS 분석시스템 Power Off 화면



<그림 3-261> QoS 분석시스템 Power On화면

② 하드웨어 리소스 상태감시 기능

하드웨어 리소스 (CPU, Memory, Disk, NIC)에 대한 형상 및 상태 정보를 GUI로 표시하며,현재 사용율 등의 정보를 제공하는지 확인

- OMC Login 후 하드웨어 리소스 (CPU, Memory, Disk, NIC) 형상 및 상태 정보가 실시간으로 보여주는지 확인함. 아래 그림은 OMC상 하드웨어 리소스를 확인할 수 있는 장면임



<그림 3-262> OMC상 하드웨어 리소스를 확인할 수 있는 화면

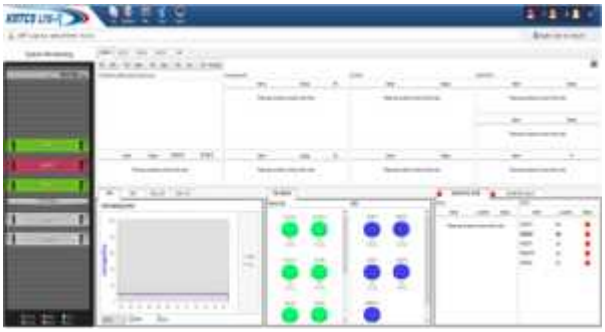
③ 개별 프로세스 기동/종료 기능

QoS제어시스템의 프로세스가 정상적으로 기동/종료되는지를 확인

- QoS제어시스템이 존재하는 Server에 접속하여 “oamd start“ 스크립트를 통해 프로세스를 가동. 프로세스를 가동되고 있다는 것을 검증하는 화면
- QoS제어시스템의 프로세스들이 기동된 상태에서 ”oamd stop” 스크립트를 실행시켜 프로세스를 종료. QoS제어시스템의 프로세스 종료 화면



<그림 3-263> OMC에서의 프로세스 기동 확인 화면



<그림 3-264> QoS제어시스템에서의 프로세스 기동 종료 확인 화면

④ 프로세스 상태감시 기능

QoS 제어시스템의 프로세스가 정상적으로 동작하는지 확인

- “oamd start“ 스크립트를 수행함에 따라 모든 프로세스가 기동된 경우, OMC에 로그인하여 OMC에서 녹색 불과 함께 수행 중인 Process를 확인



<그림 3-265>OMC상 QOS제어시스템 관련 프로세스가 기동되는지에 대한 검증 화면

⑤ P-GW 연동상태감시 기능

Gx 인터페이스를 통해 PGW와 연동이 정상적으로 되었는지를 확인

- 실제 PGW 장비 대신 PCEF Simultor를 붙여 시험을 한 결과 정상적으로 연동이 되는 것을 확인

⑥ P-CSCF 연동상태감시 기능

Rx 인터페이스를 통해 PGW와 연동이 정상적으로 되었는지를 확인

- 실제 CSCF 장비 대신 CSCF Simultor를 붙여 시험을 한 결과 정상적으로 연동이 되는 것을 확인.

⑦ 호 처리 Trace 기능

특정 단말 ID (IMSI)에 대한 시스템 간 연동 메시지를 실시간으로 GUI 화면에 출력하는지 확인

- OMC의 MML Console을 이용하여 Diameter-Trace를 등록한다.(Trace_Type, Trace_Hour, Trace_Imsi, Trace_Peer 값을 이용)

⑧ 네트워크 등록시간

단말 초기 시작 시 정지된 상태에서 네트워크 등록 절차를 수행하는데 걸리는 시간 측정

- 기준 제시 : 1단계 LTE-R 국가 R&D 사업 “무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능 평가 최종 보고서”, 500ms 이하

시험정보	정적	동적	비고
시험횟수	121 회	66 회	시험횟수 30회 이상
평균 측정값	379 ms	426 ms	

⑨ 연동시스템 이중화 기능

QOS1, QOS2는 특정 Peer에 대해 각각 세션 설정이 가능해야 함

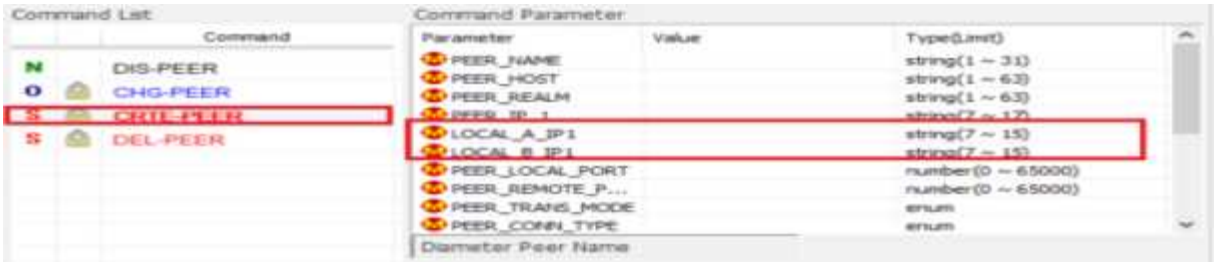
- CSCF2 Peer를 생성할 시 LOAL_A_IP (QOS1), LOCAL_B_IP (QOS2)를 각각 시스템에 할당된 LOCAL IP로 등록하여 생성

- QOS1, QOS2는 특정 Peer에 대해 연결 설정이 되었는지 조회

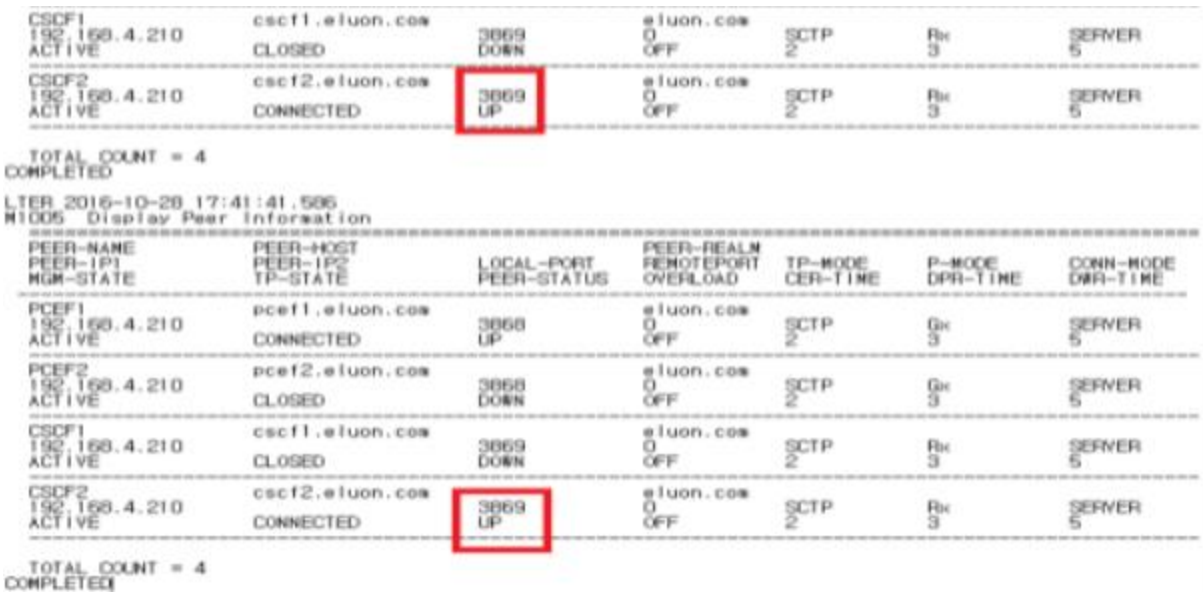
- CSCF2 시뮬레이터에 QOS1, QOS2 Peer IP를 각각 등록하여 접속 시도

- QOS1, QOS2 모두 CSCF2 시뮬레이터와 커넥션이 되는지 확인

시험을 위해 CSCF2 Peer를 생성할 시 LOCAL_A_IP(QoS1), LOCAL_B_IP(QoS2)를 각각 시스템에 할당된 LOCAL IP로 등록하여 생성 시킨다. 아래 그림들은 Peer 생성을 위한 MML Console 화면과 QoS1, QoS2에 특정 Peer에 대한 연결 설정이 되었는지 조회



<그림 3-266> Diameter Peer 생성을 위한 MML Console



<그림 3-267> QoS1, QoS2에 CSCF2 연결 확인

⑩ DCMD-DTMD간 이중화 기능

특정 SYSTEM의 DCMD가 전체 Down되더라도 반대편 SYSTEM의 DCMD는 QOS1, QOS2의 DTMD와 Full Mesh를 구성하기 때문에 정상적으로 호 처리가 되어야 함

- QoS1의 DCMD만 모두 DOWN 시킴
- QoS2에서는 DTMD를 모두 DOWN 시킴
- PCEF 시뮬레이터를 이용하여 호를 발생 시킴
- QOS2의 DCMD를 통해 QOS1의 DTMD에서 처리하였는지를 TRACE를 통해 확인

⑪ DTMD-PCRFD간 이중화 기능

특정 SYSTEM의 DTMD가 전체 Down되더라도 반대편 SYSTEM의 DTMD는 QoS1, QoS2의 PCRFD와 Full Mesh를 구성하기 때문에 정상적으로 호 처리가 되어야 함

- QoS1의 DTMD만 모두 DOWN 시킴
- QoS2에서는 PCRFD를 모두 DOWN 시킴
- PCEF 시뮬레이터를 이용하여 호를 발생 시킴
- QoS2의 DTMD를 통해 QoS1의 PCRFD에서 처리하였는지를 TRACE를 통해 확인

⑫ PCRF-DBSD간 이중화 기능

특정 SYSTEM의 PCRFD가 전체 Down되더라도 반대편 SYSTEM의 PCRFD는 QoS1, QoS2의 DBSD와 Full Mesh를 구성하기 때문에 정상적으로 호 처리가 되어야 함

- QoS1의 PCRFD만 모두 DOWN 시킴
- QoS2에서는 DBSD를 모두 DOWN 시킴
- PCEF 시뮬레이터를 이용하여 호를 발생 시킴
- QOS2의 PCRFD를 통해 QOS1의 DBSD에서 처리하였는지를 TRACE를 통해 확인

⑬ 시스템 호 처리 프로세스 이중화 기능

QOS1, QOS2의 DCMD, DTMD, PCRFD, DBSD는 모두 Full Mesh로 구성되며, 특정 시스템의 프로세스가 Down되더라도 호 처리에는 문제가 없어야 함

- QOS1의 DCMD, PCRFD만 모두 DOWN 시킴
- QOS2에서는 DTMD, DBSD를 모두 DOWN 시킴
- PCEF 시뮬레이터를 이용하여 호를 발생시킴
- QOS1, QOS2에서 정상적으로 연동되어 호처리가 됨을 확인

⑭ TRACE 이중화 처리

특정 시스템에서 등록/삭제되는 TRACE 정보는 QOS1, QOS2 모두 반영되어야 한다. 호 처리에 의해 발생되는 부가 정보도 QOS1, QOS2 모두 동기화 되어야 함

- TRACE 명령어를 통해 가입자 TRACE 설정을 함
- TRACE 명령어를 통해 가입자 TRACE를 조회하여 QOS1, QOS2에 모두 반영되었는지 확인
- QOS1에서 호처리를 유도하여 가입자 TRACE가 출력되는지 확인
- AAR을 통해 QOS1에서 호 처리를 유도, 이때 Trace SHM에서는 FRAMED-UP가 저장됨
- QOS1의 DCMD를 모두 Down 시켜 QOS2에 의해 호처리가 되도록 유도
- STR(Framed-Ip Base) 호를 방생 시킨 후 QOS2에서 TRACE가 올라오는지 확인
- QOS1, QOS2 모두 Trace가 되는 것을 확인

⑮ Diameter Peer/Realm 동기화 기능

Diameter Peer에 대한 관리 (등록/삭제/변경) 명령어를 수행 시 모든 시스템에 해당 내용이 동기화 되어 반영되어야 함

- CSCF2 Peer를 MML 명령어로 생성
- CSCF2 Peer를 MML 명령어로 조회하여 QOS1, QOS2번 시스템에 반영되었는지 확인
- GUI 형상을 통해 추가된 CSCF2 Peer가 존재하는지 확인
- CSCF2 시뮬레이터를 기동하여 QOS1, QOS2번 시스템에 모두 연결되는지 확인
- CSCF2 Peer를 MML 명령어로 삭제한 후 QOS1, QOS2번 시스템에 반영되었는지 확인
- CSCF2 Peer에 대한 형상관리/연결 관리를 더 이상 하지 않음을 확인

사)

~~나.~~ 바. QoS 제어시스템 연동시험 자체검증

(1) (1) QoS 제어시스템 연동시험 개요

나) (가) 연동시험 개요

① 시험개요

다) 일반 및 고속철도 운영속도에서 LTE 기반의 철도전용 무선통신망(LTE-R)의 안전성을 위한 지상인프라(LTE/IMS) 연동을 통한 QoS정책을 제공

② 시험일자 : 2017.2.9

③ 시험장소 : 정읍시험센터 / 사내 테스트베드(이루온)

라) (나) 주요 시험항목 및 내용

① LTE-R망과 QoS 제어시스템 연동 시험항목

시험 항목 (APN 명)	활용가능한 열차서비스 항목	시험 내용
LTE 서비스를 위한 연동시험 (lte.korail.com)	1. Internet 서비스 2. 차내승객 서비스 3. 화물 이동경로 추적 4. 화물속성 인식 및 실시간 정보확인 5. 역사내 영상정보 확인	LTE APN에 대한 Default Bearer 생성/해제 확인시험
IMS 서비스를 위한 연동시험 (ims.korail.com)	1. PTT 및 IMS 신호처리	IMS APN에 대한 Default Bearer 생성/해제 확인시험
	2. VoLTE 음성통화	VOLTE 음성통화에 대한 Dedicated Bearer 생성/해제 확인시험
	3. VoLTE 영상통화	VOLTE 영상통화에 대한 Dedicated Bearer 생성/해제 확인시험
	1. PTT 음성통화 2. 사령탑 무선통신 3. 역 무선통신 4. 휴대 무선통신 5. 차량용 무선통신	PTT 음성통화에 대한 Dedicated Bearer 생성/해제 확인시험
	1. PTT 영상통화 2. 기관실, 차량, 승강장, 건널목 영상정보 확인 3. 모든 관계 기관에게 사고 발생 알림 4. 유지보수시스템과 연계	PTT 영상통화에 대한 Dedicated Bearer 생성/해제 확인시험
열차제어 서비스를 위한 연동시험 (railway.korail.com)	1.건널목 제어 및 정보시스템	열차제어 APN에 대한 Default Bearer 생성/해제 확인시험
	1. 열차위치 정보 전송 2. 열차간격 및 속도 제어 명령 전송	ATP에 대한 Dedicated Bearer 생성/해제 확인시험
	1. 주행중인 열차상태 실시간 모니터링 2. 철도 기반 시설 모니터링 3. 철도 설비 모니터링 4. 철도 안전설비 실시간 모니터링 5. 열차/설비상태정보 모니터링	철도 관련 시설(열차, 설비 등) 모니터링을 위한 Dedicated Bearer 생성/해제 확인시험

마)

(1) (2) QoS 제어시스템 자체검증 결과

바) (가) LTE 서비스를 위한 연동시험

LTE-R에서 차상 및 휴대 단말을 이용하여 LTE 열차 서비스(인터넷, 역사내 영상정보 확인 등)를 제공하기 위해 Default Bearer 생성 및 해제가 가능한지 확인

① 판정기준

-CCR-I Request 전송시 IP-CAN 세션을 조회해서 Default Bearer 정보가 추가되었으면 적합으로 판정

-CCR-T Request 전송시 IP-CAN 세션을 조회해서 Default Bearer 정보가 삭제되었으면 적합으로 판정

② 과정 및 결과

-PGW에서 APN이 “lte.korail.com “인 CCR-I메시지를 QoS제어시스템으로 전송

-CCR-I 메시지를 수신한 QoS제어시스템은 응답으로 Charging-Rule-Install/Charging-Rule -Base-Name AVP가 포함된 CCA-I 메시지를 PGW로 전송

-OMC Trace 창에서 CCR-I/CCA-I 메시지를 확인한다.

-OMC MML 창에서 IP-CAN 세션이 생성되었음을 확인

-PGW에서 CCR-T 메시지를 QoS제어시스템으로 전송

-CCR-T메시지를 수신한 QoS제어시스템은 응답으로 CCA-T 메시지를 전송

-OMC Trace 창에서 CCR-T/CCA-T 메시지를 확인

-OMC MML 창에서 IP-CAN 세션이 삭제되었음을 확인

사) (나) IMS 서비스를 위한 연동시험

□ IMS APN에 대한 Default Bearer 생성/해제 확인시험

LTE-R에서 차상 및 휴대 단말을 이용하여 IMS 열차 서비스(PTT 및 IMS 신호처리)를 제공하기 위해 Default Bearer 생성 및 해제가 가능한지 확인

① 판정기준

-CCR-I Request 전송시 IP-CAN 세션을 조회해서 Default Bearer 정보가 추가되었으면 적합으로 판정

-CCR-T Request 전송시 IP-CAN 세션을 조회해서 Default Bearer 정보가 삭제되었으면 적합으로 판정

② 과정 및 결과

-PGW에서 APN이 “ims.korail.com “인 CCR-I메시지를 QoS제어시스템으로 전송

-CCR-I 메시지를 수신한 QoS제어시스템은 응답으로 Charging-Rule-Install/Charging-Rule-Base-Name AVP가 포함된 CCA-I 메시지를 PGW로 전송

-OMC Trace 창에서 CCR-I/CCA-I 메시지를 확인한다.

-OMC MML 창에서 IP-CAN 세션이 생성되었음을 확인

-PGW에서 CCR-T 메시지를 QoS제어시스템으로 전송

-CCR-T메시지를 수신한 QoS제어시스템은 응답으로 CCA-T 메시지를 전송

-OMC Trace 창에서 CCR-T/CCA-T 메시지를 확인

-OMC MML 창에서 IP-CAN 세션이 삭제되었음을 확인

□ VoLTE 음성/영상통화에 대한 Dedicated Bearer 생성/해제 확인시험

LTE-R에서 차상 및 휴대 단말을 이용하여 VoLTE 열차 서비스(VoLTE 음성통화)를 제공하기 위해 Dedicated Bearer 생성 및 해제가 가능한지 확인

① 판정기준

-AAR Request시 IP-CAN 세션을 조회해서 Dedicated Bearer 정보가 추가되었으면 적합으로 판정

-STR Request시 IP-CAN 세션을 조회해서 Dedicated Bearer 정보가삭제되었으면 적합으로 판정

② 과정 및 결과

-PGW에서 APN이 "ims.korail.com" 인 CCR-I 메시지를 QoS제어시스템(PCRF)으로 전송

-CCR-I메시지를 수신한 QoS제어시스템은 응답으로 Charging-Rule-Install/ Charging-Rule-Base-Name AVP가 IMS인 CCA-I 메시지를 PGW로 전송

-OMC Trace 창에서 CCR-I/CCA-I 메시지를 확인

-P-CSCF에서 VoIP 음성 미디어를 전송하기 위한 Dedicated Bearer를 열기위해 AAR 메시지를 QoS제어시스템으로 전송

-AAR 메시지를 수신한 QoS제어시스템은 VoIP 음성 미디어를 전송하기 위한 Dedicated Bearer를 열기 위해 PGW로 Charging-Rule-Install/Charging-Rule-Name AVP가 VOLTE_AUDIO인 RAR 메시지를 전송

-PGW로부터 RAA 메시지를 수신하고,P-CSCF로 AAA 메시지를 전송

-OMC Trace창에서 AAR/AAA, RAR/RAA메시지를 확인

-OMC MML창에서 IP-CAN 세션 생성 및 상태를 확인

-P-CSCF에서 Dedicated Bearer 삭제를 위해 STR메시지를 Qos제어시스템으로 전송

-STR 메시지를 수신한 QoS제어시스템은 PGW로 Dedicated Bearer 삭제 (PCC Rule 삭제를 위해 Charging-Rule-Remove/Charging-Rule-Name AVP가 VOLTE_ AUDIO (VOLTE_ VIDEO)인 RAR 메시지를 전송

-PGW로부터 RAA메시지를 수신하고,P-CSCF로 STA 메시지를 전송

-OMC Trace 창에서 STR/STA, RAR/RAA 메시지를 확인

-OMC MML 창에서 IP-CAN 세션 상태를 확인

□ PPT 음성/영상통화에 대한 Dedicated Bearer 생성/해제 확인시험

LTE-R에서 차상 및 휴대 단말을 이용하여 PTT 열차 서비스(PTT 음성통화)를 제공하기 위해 Dedicated Bearer 생성 및 해제가 가능한지 확인함

① 판정기준

-AAR Request시 IP-CAN 세션을 조회해서 Dedicated Bearer 정보가 추가되었으면 적합으로 판정

-STR Request시 IP-CAN 세션을 조회해서 Dedicated Bearer 정보가 삭제되었으면 적합으로 판정

② 과정 및 결과

-PGW에서 APN이 “ims.korail.com” 인 CCR-I 메시지를 QoS제어시스템(PCRF)으로 전송

-CCR-I메시지를 수신한 QoS제어시스템은 응답으로 Charging-Rule-Install/ Charging-Rule-Base-Name AVP가 IMS인 CCA-I 메시지를 PGW로 전송

-OMC Trace 창에서 CCR-I/CCA-I 메시지를 확인

-P-CSCF에서 VoIP 음성 미디어를 전송하기 위한 Dedicated Bearer를 열기위해 AAR 메시지를 QoS제어시스템으로 전송

-AAR 메시지를 수신한 QoS제어시스템은 VoIP 음성 미디어를 전송하기 위한 Dedicated Bearer를 열기 위해 PGW로 Charging-Rule-Install/Charging-Rule-Name AVP가 PTT_AUDIO(PTT_VIDEO)인 RAR 메시지를 전송

-PGW로부터 RAA 메시지를 수신하고,P-CSCF로 AAA 메시지를 전송

-OMC Trace창에서 AAR/AAA, RAR/RAA메시지를 확인

-OMC MML창에서 IP-CAN 세션 생성 및 상태를 확인

-P-CSCF에서 Dedicated Bearer 삭제를 위해 STR메시지를 Qos제어시스템으로 전송

-STR 메시지를 수신한 QoS제어시스템은 PGW로 Dedicated Bearer 삭제 (PCC Rule 삭제를 위해 Charging-Rule-Remove/Charging-Rule-Name AVP가 PTT_AUDIO인 RAR메시지를 전송

-PGW로부터 RAA메시지를 수신하고,P-CSCF로 STA 메시지를 전송

-OMC Trace 창에서 STR/STA, RAR/RAA 메시지를 확인

-OMC MML 창에서 IP-CAN 세션 상태를 확인

아) (다) 열차제어 서비스를 위한 연동시험

□ 열차제어 APN에 대한 Default Bearer 생성/해제 확인시험

LTE-R에서 차상 단말을 이용하여 열차 제어 서비스(건널목 제어 시스템 등)를 제공하기 위해 Default Bearer 생성 및 해제가 가능한지 확인함

① 판정기준

-CCR-I Request 전송시 IP-CAN 세션을 조회해서 Default Bearer 정보가 추가되었으면 적합으로 판정

-CCR-T Request 전송시 IP-CAN 세션을 조회해서 Default Bearer 정보가 삭제되었으면 적합으로 판정

② 과정 및 결과

-PGW에서 APN이 “railway.korail.com “인 CCR-I메시지를 QoS제어시스템으로 전송

-CCR-I 메시지를 수신한 QoS제어시스템은 응답으로 Charging-Rule-Install /Charging-Rule-Base-Name AVP가 포함된 CCA-I 메시지를 PGW로 전송

-OMC Trace 창에서 CCR-I/CCA-I 메시지를 확인한다.

-OMC MML 창에서 IP-CAN 세션이 생성되었음을 확인

-PPGW에서 CCR-T 메시지를 QoS제어시스템으로 전송

-CCR-T메시지를 수신한 QoS제어시스템은 응답으로 CCA-T 메시지를 전송
-OMC Trace 창에서 CCR-T/CCA-T 메시지를 확인
-OMC MML 창에서 IP-CAN 세션이 삭제되었음을 확인

□ ATP에 대한 Dedicated Bearer 생성/해제 확인시험

LTE-R에서 차상 단말을 이용하여 ATP 열차 서비스(열차 위치 정보, 열차 간격 및 속도 제어 명령 전송 등)를 제공하기 위해 Dedicated Bearer 생성 및 해제가 가능한지 확인함

① 판정기준

-CCR-U 시 IP-CAN 세션을 조회해서 Dedicated Bearer 정보가 추가되었으면 적합으로 판정
-CCR-U 시 IP-CAN 세션을 조회해서 Dedicated Bearer 정보가 삭제되었으면 적합으로 판정

② 과정 및 결과

-단말은 기존 Default Bearer에서 새로운 Dedicated Bearer를 열기위해 Bearer Resource Allocation/Modification절차를 진행하고, 이때 PGW는 Packet Filter AVP가 설정된 CCR-U 메시지를 QoS제어시스템으로 전송
-CCR-U 메시지를 수신한 QoS제어시스템은 Dedicated Bearer를 열기 위해 PGW로 Charging-Rule-Install/Charging-Rule-Base-Name AVP가 MONITOR인 CCA-U메시지를 전송
-OMC Trace창에서 CCR/CCA 메시지를 확인
-OMC MML 창에서 IP-CAN 세션 상태를 확인
-단말은 기존 Default Bearer에서 새로운 Dedicated Bearer를 열기위해 Bearer Resource Relase절차를 진행하고, 이때 PGW는 Packet Filter AVP가 설정된 CCR-U 메시지를 QoS제어시스템으로 전송
-CCR-U 메시지를 수신한 QoS제어시스템은 Dedicated Bearer를 삭제하기 위해 PGW로 Charging-Rule-Install/Charging-Rule-Base-Name AVP가 MONITOR인 CCA-U 메시지를 전송
-OMC Trace창에서 CCR/CCA 메시지를 확인
-OMC MML 창에서 IP-CAN 세션 상태를 확인(세션은 존재하고 Dedicated Bearer 정보만 삭제 된 것을 확인)

□ 철도 관련 시설(열차, 설비 등) 모니터링을 위한 Dedicated Bearer 생성 확인시험

LTE-R에서 차상 단말을 이용하여 철도 관련 시설(열차, 설비 등) 모니터링을 제공하기 위해 Dedicated Bearer 생성 및 해제가 가능한지 확인함

① 판정기준

-CCR-U 시 IP-CAN 세션을 조회해서 Dedicated Bearer 정보가 추가되었으면 적합으로 판정
-CCR-U 시 IP-CAN 세션을 조회해서 Dedicated Bearer 정보가 삭제되었으면 적합으로 판정

② 과정 및 결과

-단말은 기존 Default Bearer에서 새로운 Dedicated Bearer를 열기위해 Bearer

Resource Allocation/Modification절차를 진행하고, 이때 PGW는 Packet Filter AVP가 설정된 CCR-U메시지를 QoS제어시스템으로 전송

-CCR-U 메시지를 수신한 QoS제어시스템은 Dedicated Bearer를 열기 위해 PGW로 Charging-Rule-Install/Charging-Rule-Base-Name AVP가 MONITOR인 CCA-U메시지를 전송

-OMC Trace창에서 CCR/CCA 메시지를 확인

-OMC MML 창에서 IP-CAN 세션 상태를 확인

-단말은 기존 Default Bearer에서 새로운 Dedicated Bearer를 열기위해 Bearer Resource Relase절차를 진행하고, 이때 PGW는 Packet Filter AVP가 설정된 CCR-U 메시지를 QoS 제어시스템으로 전송

-CCR-U 메시지를 수신한 QoS제어시스템은 Dedicated Bearer를 삭제하기 위해 PGW로 Charging-Rule-Install/Charging-Rule-Base-Name AVP가 MONITOR인 CCA -U 메시지를 전송

-OMC Trace창에서 CCR/CCA 메시지를 확인

-OMC MML 창에서 IP-CAN 세션 상태를 확인만 삭제 된 것을 확인

17. 4. LTE-R 기반 휴대단말기 기술개발

가) 철도 운용과 관련된 운용요원 및 여객 전무 등이 사용하기에 적합한 PTT(Push-To-Talk) 기능을 수용하는 이동형태의 단말을 말한다. LTE-R 기반 철도통신 사용자/시스템 요구사항을 분석하였으며, 이를 기반으로 시제품, 시작품을 개발하였다. 또한, 환경시험을 수행하여 휴대단말기 내구성에 대한 신뢰를 높였다.

나)

나. 가. 휴대단말기 요구사항 및 정의

(1) (1) LTE 기반 철도통신 기능 요구사항

나) (가) LTE 기반 사용자 요구사항

① 사용자 기능적 요구사항

다) LTE 기반 철도통신 시스템은 다음과 같은 사용자 기능적 요구사항(UFR : User Functional Requirement)을 가진다.

<표 3-160> 휴대단말기 사용자 기능적 요구사항

번호	내용
UFR. 1001	이동 무선 장치는 개별적으로 식별(장치 인증)이 되어야 한다.
UFR. 1002	차량 이동국 장치는 열차 충돌, 유고 등 철도 운용에 있어 안전에 관계된 경고 메시지를 전달 할 수 있어야 한다.
UFR. 1003	차량 이동국 장치는 철도 긴급 통화를 위한 하드웨어 버튼을 제공해야 한다.
UFR. 1004	휴대용 무선 장치는 철도 긴급 통화를 위한 하드웨어나 소프트웨어 버튼을 제공하여야 한다.
UFR. 1005	이동 무선 장치는 위치정보를 사용 할 수 있어야 한다.
UFR. 1006	이동 무선 장치는 착/발신 사용자 ID 표시가 되어야 한다.
UFR. 1007	이동 무선 장치의 소프트웨어와 정보는 자동으로 업데이트 되어야 한다.
UFR. 1008	이동 무선 장치는 선로 제한속도나 500km/h중 더 낮은 속도에서도 지원되어야 한다.
UFR. 1009	이동 무선 장치는 실시간으로 데이터 패킷 처리가 되어야 한다.
UFR. 1010	이동 무선 장치는 개별, 그룹, 다자간 음성통화를 사용 할 수 있어야 한다.
UFR. 1011	이동 무선 장치는 개별, 그룹 영상 통화를 사용 할 수 있어야 한다.
UFR. 1012	이동 무선 장치는 사용자 인증을 수행하여야 한다.

② 사용자 비기능적 요구사항

라) LTE 기반 철도통신 시스템은 다음과 같은 사용자 비기능적 요구사항(UNR : User Non-Functional Requirement)을 가진다.

<표 3-161> 휴대단말기 사용자 비기능적 요구사항

번호	내용
UNR. 1001	LTE기반 철도통신 시스템은 3GPP Rel.9 이상의 표준 스펙에 만족하는 시스템 성능을 만족해야 한다.
UNR. 1002	휴대용 무선 장치는 휴대성 및 이동성을 고려하여 소모전력이 적어야 한다.
UNR. 1003	이동 무선 장치는 단말기에 대한 통신 보안 수준이 일정 수준 이상 보장되어야 한다.
UNR. 1004	휴대용 무선 장치는 휴대성을 고려하여 전자파 등으로부터 인체에 무해하게 제작되어야 한다.
UNR. 1005	휴대용 무선 장치는 열차관련 응용프로그램 및 사용자 인터페이스 기능과 무선 프로토콜 인터페이스 기능으로 구성 되어야 한다.
UNR. 1006	휴대용 무선 장치는 사용자의 편이를 위하여 사용법이 간단해야한다.

마)

바) (나) LTE 기반 철도 통신시스템 요구사항

① 기능 요구사항

<표 3-162> 휴대단말기 LTE기반 철도통신시스템 기능 요구사항

서비스	세부 서비스	번호	내용	M/O
음성 서비스	개별 음성통화	SFR.1000	시스템은 두 통화자 간의 음성통화를 지원해야 한다.	M
	공공 긴급전화	SFR.1001	시스템은 사용자가 공공 긴급 통화를 할 수 있도록 해야 한다.	M
	방송 음성통화	SFR.1002	시스템은 방송 통화를 지원해야 한다.	M
	그룹 음성통화	SFR.1003	시스템은 그룹 통화를 지원해야 한다.	M
	다자간 음성통화	SFR.1004	시스템은 최소 3인 이상의 상이한 상대방 간의 다자간 통화를 지원해야 한다.	M
데이터 서비스	멀티미디어 메시지 서비스	SFR.1011	네트워크는 지상에서 이동 무선 장치 사용자까지 점대 점 및 점대 다중점 멀티미디어 메시지 전송을 지원해 야 한다.	M
	일반 데이터 서비스	SFR.1012	지상과 이동 무선 장치 사용자 간의 광범위한 데이터 통신을 지원해야 한다.	M
	열차 제어 서비스	SFR.1013	시스템은 안정적인 열차 제어를 위해 끊김없는 데이터 통신을 지원해야 한다.	M
영상 서비스	개별 영상통화	SFR.1021	시스템은 두 통화자 간의 영상통화를 지원해야 한다.	M
	그룹 영상통화	SFR.1022	시스템은 그룹 영상 통화를 지원해야 한다.	M
	영상 정보전송	SFR.1023	시스템은 열차 안전운행과 관련된 영상 정보 전송 기능을 지원해야 한다.	M
통화 관련 서비스	착신/발신 사용자의 ID 표시	SFR.1031	장비는 표준 전화번호의 형태로 착신자나 발신자의 ID를 표시할 수 있어야 한다.	O
	착신/발신 사용자의 표시제한	SFR.1032	특정 사용자의 ID가 이동 무선 장치에 표시되지 않도록 방지할 수 있어야 한다.	M
	우선순위 및 선점권	SFR.1033	상이한 우선순위 레벨의 구성원 중 가장높은 우선순위를 가지는 구성원에게 통화가 할당될 수 있는 기능이 제공되어야 한다.	M
	폐쇄형 사용자 그룹	SFR.1034	외부에서 한국형 철도 통합무선망 네트워크에 접근할 수 있는 사용자 그룹이 제한되어야 한다.	M
	착신 전환	SFR.1035	한 사용자를 위한 착신 호나 데이터 메시지가 네트워크 내의 다른 장치로 착신 전환될 수 있어야 한다.	M
	통화보류	SFR.1036	네트워크는 사용자가 통화를 보류시켜 기존 통화로부터 일시적으로 보류할 수 있도록해야 한다.	M
	통화대기	SFR.1037	네트워크는 기존 통화를 하는 사용자에게 다른 사용자 가 접속하려 한다는 것을 통보할 수 있어야 한다.	M
	과금 정보	SFR.1038	네트워크 서비스 요금을 청구할 수 있는 경우, 네트워크가 통화 요금 및 진행 중인통화 과금에 대한 정보를 제공할 수 있어야 한다.	O
	통화 제한	SFR.1039	네트워크 관리나 유지 보수 시설을 이용하여, 통화를 제한할 수 있어야 한다.	M
	자동응답 서비스	SFR.1040	착신 통화 우선순위에 따라 호출이 자동 응답될 수 있어야 한다.	M
	모든 음성/영상 통화 녹취	SFR.1041	착신 통화 우선순위에 따라 호출이 자동 응답될 수 있어야 한다.	M
철도 특화 서비스	기능 어드레싱	SFR.1051	관제사가 열차번호를 이용하여 열차 기관사와의 통신을 설정할 수 있는 어드레싱 체계가 제공되어야 한다.	M
	위치기반 어드레싱	SFR.1052	사용자의 위치에 따라 달라지는 목적지 번호를 식별할 수 있도록 위치기반 어드레싱 체계가 제공되어야 한다.	M
	철도 긴급전화	SFR.1053	철도 운용 긴급전화를 위해 우선순위가 높은 음성통화를 취급할 수 있는 체계가 제공되어야 한다.	M
	입환 모드	SFR.1054	입환 모드 통신용으로 사용되고 있는 이동 무선 장치의 기능과 특징에 대한 사용자 접근을 규제하고 제어하는 체계가 제공되어야 한다.	M
	직접통신	SFR.1055	기지국 고장 등으로 인해 LTE기반 철도통신 서비스를 정상적으로 이용할 수 없을 경우에 단말기 간 직접 통신을 지원할 수 있어야 한다.	O

사)

② 성능 요구사항

<표 3-163> 휴대단말기 LTE기반 철도통신시스템 성능 요구사항

항목	번호	내용	비고
커버리지 및 성능	SPR.1010	커버리지는 시간적·공간적으로 연속적이어야 하며, 안정성을 보장하기 위해 시간적·공간적 범위는 외부 안테나가 설치된 차량을 기준으로 98% 이상이어야 한다. 네트워크는 철도 통신용 이동 단말을 수용할 수 있어야 한다. 시스템은 선로 제한속도나 500 km/h 중 더 낮은 속도 로 이동할 때 통신을 제공 하여야한다.	
통화 설정시간	SPR.1020	철도 긴급 통화 < 1초(90%), < 2초(100%) 방송 및 그룹통화 < 1초(90%), < 2.5초(100%) 상기 사항에 의해 해당 되지 않는 모든 음성/영상 통화 < 3.5초(90%), < 5초(100%)	외부 PSTN 연결은 고려하지 않음
핸드오버 성공률	SPR.1030	네트워크는 끊김 없는 데이터 전송이 가능해야하며 핸드오버 성공률은 99% 이상이어야한다.	
호접속 성공률	SPR.1040	통화 호 접속 성공률은 99% 이상이어야 한다.	
장시간 접속 절단율	SPR.1050	장시간 통화를 하면서 시간당 0.01회 이하의 절단율을 보장해야 한다.	
열차제어 데이터 전송	SPR.1060	네트워크는 열차 제어를 위한 데이터 전송을 위해 99% 이상의 데이터 신뢰성을 보장해야 한다. 열차 제어 데이터는 가장 높은 수준의 우선순위를 가 져야 한다.	
네트워크 이중화	SPR.1070	기지국 장비, 코어장비, 서버 등의 네트워크는 안정성 및 가용성을 위해 이중화되어야 한다.	단, 이중화의 적용범위는 운영기관에 따른다.
방송 및 그룹통화 구역	SPR.1080	어떤 규정된 구역 내에 있는 무선 장치는 방송 및 그룹통화에 참여할 수 있고, 통화 중에 방송 및 그룹통화 구역을 벗어나는 무선 장치는 통화에서 제외된다.	

아)

(1) (2) LTE-R 단말 요구사항 분석 및 정의

자) (가) 성능적 측면

차) LTE-R 단말의 성능는 재난안전통신망 성능시험을 포함하여 LTE 기반 철도 통신 시스템 요구사항 및 LTE-R 기반 휴대단말기 요구사항(RFP)을 만족하는 성능

<표 3-164> LTE 기반 철도 통신 기능 요구사항(TTAK.KO-06.0369)

요구사항	통신환경 시험
통화설정 시간	철도 긴급 통화 < 1초(90%), < 2초(100%) 방송 및 그룹통화 < 1초(90%), < 2.5초(100%) 상기 사항에 의해 해당 되지 않는 모든 음성/영상 통화* < 3.5초(90%), < 5초(100%)
호접속 성공률	통화 호 접속 성공률은 99% 이상이어야 한다.
장시간 접속 절단율	장시간 통화를 하면서 시간당 0.01회 이하의 절단율을 보장해야 한다.

<표 3-165> 재난안전통신망(PS-LTE) 구축사업 요구사항(RFP)

요구사항	PER-GEN-COM-01
요구사항 명칭	성능일반
요구사항 세부내용	- 재난안전통신망 시스템의 전체 성능관점에서 사용자 응답속도, 데이터 처리속도를 일정 수준 이상으로 보장하는 방안을 제안하고, 상세설계 시 반영하여야 함 - 제안된 방안을 기반으로 분석/설계시 성능기준에 따른 성능목표와 요구성능을 충족할 수 있도록 구체적 기술방안을 반영하여야 함
산출정보	성능시험 결과서

요구사항	PER-SRV-COM-01
요구사항 명칭	PTT 음성 통화 성능
요구사항 세부내용	- 동시 그룹통화자수는 전체 단말사용자 중 10%를 기준으로 함 - 최대 동시통화자수 이내에 PTT발언권 획득 시간은 300ms 이내 이어야 함 - 최대 동시통화자수 이내에 PTT 음성전달 지연 시간은 300ms 이내 이어야 함 - 음성 품질은 MOS 3.0 이상이어야 함 - 전체 일반 호 성공률은 95%이상, 비상통화 호 성공률은 99% 이상이어야 함 ※ MOS 측정방법은 사전품질인증제도 기준에 따름
산출정보	성능시험 결과서

요구사항	PER-SRV-COM-02
요구사항 명칭	영상 서비스 성능
요구사항 세부내용	- 동시영상서비스 사용자수는 전체 단말사용자 중 1%를 기준으로 함 - 최대 동시영상서비스 사용자수 이내에 영상통화연결은 1,000ms 이내, 통화지연은 300ms 이내여야 함 - 최대 동시영상서비스 사용자수 이내에 호 접속 성공률은 99% 이상이어야 함 - 동영상정보 전달 지연 시간은 1,000ms 이내이여야 함
산출정보	성능시험 결과서

요구사항	PER-SRV-COM-03
요구사항 명칭	문자 서비스 성능
요구사항 세부내용	- 문자 전송성공률은 99% 이상이여야 함 - 문자 전송 지연 시간은 300ms 이내이여야 함
산출정보	성능시험 결과서

② 기능적 측면

– 단말지원기능

카) LTE-R 과제 제안요구서 및 TTA 규격의 TTA.KO-06.0369(기능 요구사항), TTA.KO-06.0370(사용자 요구 사항)과 PS-LTE요구사항을 비교 분석하였으며, 다음의 표는 해당 기능들을 단말에 구현이 될 경우에 소프트웨어의 기능적인 대분류이다.

타) PS-LTE에서 Pre-load되는 App인 PTT, 재난안전통신망 Platform, MDM의 경우는 LTE-R에서만 특징지어지는 기능으로 대체가 되어야 한다.

<표 3-166> 단말 지원기능 비교

기능		PS-LTE 요구사항	LTE-R 요구사항
기본 서비스	음성 통화	IMS/VoLTE 음성통화	수용
	영상 통화	IMS/VoLTE 영상통화	수용
	메시지	SMS, MMS	수용
	그외	Android 기본제공 App	수용
Pre-load App	PTT	PTT Android App (PTT 키를 누르면 해당 App이 구동되도록 지원해야함)	수용
	재난안전통신망 Platform	재난안전통신망에 필요한 기능을 Android App으로 제공	수용
	MDM	Mobile Device Management	수용
백신		단말 제조사가 백신 apk를 탑재하여 납품	수용
FOTA		단말기제조사는 FOTA를 지원해야 하며, FOTA 시스템을 무상으로 재난안전통신망 관리센터에 설치해야함	수용
OS Upgrade		단말기 납품 후 Android Platform의 Major한 버전 Change 시 최소 한번은 OS Upgrade 보장	수용

- 37개 요구사항 분석

파) LTE-R 과제 제안요구서 및 TTA 규격의 TTA.KO-06.0369(기능 요구사항), TTA.KO-06.0370(사용자 요구 사항)과 PS-LTE요구사항을 비교 분석하였으며, 다음의 표는 37개 요구사항에 대한 비교 분석 표이다.

<표 3-167> PS-LTE 37개 요구사항 역할

구분	PS-LTE	역할	LTE-R
생존·신뢰성 (3)	직접통화/단말기 중계	단말	O
	단말 이동성	단말	수용
	호 폭주 대처	망	수용
재난 대응성 (7)	개별 통화	단말/PTT	M
	그룹 통화	PTT	M
	지역선택 호출	PTT	수용
	통화그룹 편성	PTT	수용
	가로채기	PTT	수용
	비상통화	PTT	M
	단말기 위치확인	단말	M
보안성 (5)	단말기 사용허가 및 금지	MDM	수용
	암호화	ALL	M
	인증	MDM	M
	보안규격	망	수용
	통합보안관제	망	수용
운영·효율성 (2)	상황전파 메시지	단말/PTT	수용
	가입자 용량 확보	망	수용
주요 요구기능(부가-20)			
생존·신뢰성 (4)	단독기지국 운용모드	망	수용
	이중화/전송매체 운영	망	수용
	통화품질	단말/PTT	M
	백업·복원	망	수용
재난 대응성 (3)	영상통화	단말/PTT	M
	주변음 청취	MDM	M
	복수 통화그룹 수신	PTT	수용
상호 운용성	개방형/표준 준수	단말/망	수용

(3)	호 연결	ALL	M
	연동	망	수용
운영·효율성 (2)	다자간 전이중통화	단말	M
	데이터 통신	단말/PTT	M
	통화내용 녹음/녹화	단말/PTT	M
	발신번호(ID) 표시	단말/PTT	M
	원격 망관리	MDM	수용
	망관리 시스템	망	수용
	보고서 생성	망	수용
	통화용량 확장	망	수용
	광대역/통화권 확보	망	수용
	주파수 다중화	망	수용

하)

거)

– 철도전용 기능

너) 다음 표는 LTE-R 과제 제안요구서 및 TTA 규격의 TTA.KO-06.0369(기능 요구 사항), TTA.KO-06.0370(사용자 요구 사항)에서 철도 특화 서비스로 요구하는 사항으로 PS-LTE에서는 지원하지 않는 기능이다.

<표 3-168> LTE-R 전용 기능

요구기능	요구기능 시러명
철도 긴급통화	1. 구역 내에 있는 모든 기관사 및 관제사에게 열차 긴급 통화를 발신(통화구역은 운용 요구 사항에 의해 미리 정의) 2. 철도통신 시스템에 통보 3. 공공긴급통화(‘112‘, ‘119’ 통화등)는 포함되지 않음 4. 열차긴급통화와 입환 긴급통화가 있다.
기능 어드레싱	1. 단말 고유의 번호가 아니다. 2. 열차번호, 기관차/객차 번호, 입환팀, 유지 보수팀 또는 관제사 번호등을 이용하여 단말에 부여되는 철도전용 번호이다. 3. 여러 개의 번호를 등록할 수 있다. 4. 해당 번호를 통해 통화를 한다.
위치기반 어드레싱	사용자의 위치를 기준으로 부여된 번호로 통화가 되어야 한다.
입환모드	차량의 입환을 위해 사용하는 모드이다.
링크보증신호	입환팀 또는 유지보수팀에서 사용하는 것으로 통신 링크가 문제없음을 주기적으로 경고음을 통하여 알려준다.
핸드오버	열차의 고속이동(350 Km/h)에 따른 핸드오버 지원.
열차제어	1.열차제어를 위한 데이터 전송 2.기관사 휴대용 무선장치로 착신 전환

– 기능적 분석 결론

라) 철도 긴급 통화의 경우, 재난망에서 사용하는 비상통화와 물리적인 Key가 중복되고, 철도에서 사용하는 PTT와 재난망에서 사용하는 PTT가 구분된다.

라) 기능 어드레싱 기능은 PS-LTE에서는 존재하지 않는 기능으로 재난망 단말에서 해당 기능을 구현한다고 하더라도 재난망에서의 번호체계(단말의 고유번호를 이용하는 PTT, 일반 음성/영상통화 등의 기능을 사용)와 철도에서의 번호체계(열차번호, 기관차/객차 번호, 입환팀, 유지보수팀, 관제사 번호를 이용한 번호 부여 체계와 단말의 고유 전화번호를 혼용)의 이중적인 번호체계로 인해 신뢰성 보장이 어렵다.

머) 위치기반 어드레싱 기능도 PS-LTE에서는 존재하지 않는 기능으로 해당 기능은 열차의 이동에 따른 위치정보 변경과 이를 관제하는 지역별 관제사 간의 통화를 위해 번호 부여 기능이다.

바) 입환모드는 차량의 입환 및 선로 변경 을 위한 기능으로 열차운행, 유지보수와는 별도로 통화관리가 되는 것으로 전용 단말이 필요하다.

서) 링크보증신호는 별도의 물리적 Key를 제공해야하고, 입환모드에서 입환을 위해 할당된 모든 단말의 통신 연결 상태를 위해 알림을 제공하는 것으로 철도전용 단말에서만 사용한다.

어) 고속(~350 Km/h)으로 이동하는 열차의 경우는 데이터 통신이 원활하지 않는 등의 문제가

존재하며, 이를 위해서는 고속의 이동에서도 원활한 통신을 지원하기 위해 핸드오버 기능을 보장하여 한다. PS-LTE에서는 지원하지 않는 사항으로 단말뿐만 아니라 네트워크에서도 고려가 되어야 하는 분이다.

저) 열차운행중에 LTE-R에서 핵심기능이라고 할 수 있는 열차제어를 위한 데이터 및 철도 긴급통화 등의 기능은 철도에서 통화유형에 따른 등급이 재난망에서의 긴급통화(공공 긴급 통화 '112','119' 등)보다 우선순위가 높기 때문에 이에 대한 단말에서의 처리가 따로 필요하다.

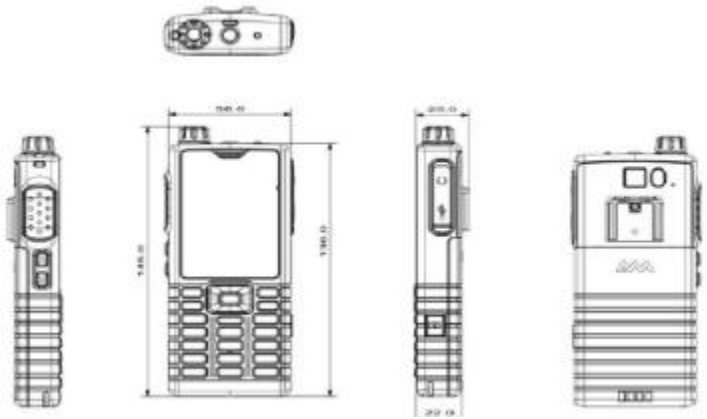
처)

다. 나. LTE-R 기반 휴대단말기 설계

(1) (1) 철도전용 무선통신 전용단말기 주요 사양

나) 철도전용 무선통신 전용단말기(모델명: AP600)은 LTE, WLAN 연결, 공공안전통신을 위한 GNSS를 기반으로 하는 퀄컴 MSM8974 칩셋을 사용하였다.

다) (가) 휴대용 단말 디자인



<그림 3-268> 휴대단말기 설계도면

라)

마) (나) 휴대단말기 주요 사양

<표 3-169> 휴대단말기 주요 사양

기능		특징	
메인 파트	디지털/아날로그 베이스밴드	MSM8974	
	PMIC/RF PMIC	PM8941,PM8841/QFE1101	
	RF Chip	WTR1625L	
	코덱	WCD9320	
HW 특징		메모리	eMMC (32G) + LP-DDR3 (2G)
		LCD+ Touch	2.6", 320 X 480 HVGA, Full touch support
		CAM	5MP FF + 13MP AF
		USB	USB 2.0 HS
		USIM	Micro USIM
		스피커	Max 1.5W
		HDMI	HDMI Audio Ver 1.4
		T- Flash	To 2TB
		센서	Accelerometer + Gyroscope,E-Compass, Pressure , ALS+ Proximity

바) (다) 휴대단말기 RF 특징

<표 3-170> 휴대단말기 RF 특징

Technology	Capability	Bands (MHz)	Remark
LTE (FDD)	Rel-10 LTE (Cat 4)	Band 1, 3, 5, 7, 8, 28B	MIMO (2x2) FDD DL: 150 Mbps FDD UL: 50 Mbps
WLAN	802.11a/b/g/n	2.4GHz ,5GHz	SISO (1x1)
BT	4.0	2.4GHz	
GNSS	GPS/ GLONASS	GPS : 1575.42 ~1576.42MHz GLONASS:1597.55 ~1605.89MHz	

(1) (2) 휴대단말기 전기적 사양

사) (가) DC 특성

<표 3-171> 휴대단말기 DC 특성

파라미터	설명	최소	타입	최대	단위
배터리 전력	Li-ion reachable battery	3.3	3.85	4.4	+Vdc
입력전력	USB Charger(General)	4.4	5	5.25	+Vdc
	USB Charger(QC 2.0)	8.45	9	9.55	+Vdc

아) (나) 배터리 특성

<표 3-172> 휴대단말기 배터리 특성

구분	사양	비고
배터리 타입	Lithium ion rechargeable battary	
전압	Type. +3.85V	
용량	Type. 3000mAh	
충전 온도	0 ℃ ~ 45 ℃	
비충전 온도	-20 ℃ ~ 60 ℃	
충전시간	2시간 이하	QC 2.0 TA

자) (다) 디스플레이 특성

<표 3-173> 휴대단말기 디스플레이 특성

구분	사양	비고
크기	2.6 inch	
패널 타입	TRT Liquid Crystal Display panel	
해상도	480RGB × 32dots	
인터페이스 타입	MIPI	
작동 온도	-20℃ ~ 70℃	
보관 온도	-30℃ ~ 85℃	

차) (라) 환경적 특성

<표 3-174> 휴대단말기 환경적 특성

구분	사양	비고
작동 온도	-20℃ ~ 70℃	
보관 온도	-30℃ ~ 85℃	
습도	95%(60℃) relative humidity	
진동	5 Hz to 500 Hz sinusoidal, 1.0G	
낙하	1.5m drop over Wood floor (26 direction)	
방수/방진	IP67	

카)

타) (마) 소비전력

<표 3-175> 휴대단말기 소비전력

RF 모드	작동 모드	전류정격	비고
LTE	Sleep	TBD	DRX=2.56s
	Idle(Stanby)	TBD	
	Maximum	TBD	TX=23dBm(Max)
WLAN	Standby	TBD	WLAN default on
	Maximum(2.4㎓)	TBD	
	Maximum(5㎓)	TBD	
Power off		TBD	

(1) (3) 휴대단말기 RF 사양

파) (가) RF대역 지원

하) AP6X0는 퀄컴 MSM8974 칩셋을 기반으로 설계되었다. 다음 표는 퀄컴 칩셋 기반의 RF 대역 지원과 주파수 범위를 나타낸다.

<표 3-176> RF 대역 지원_ LTE Band

구분	RF 대역	주파수 범위(㎒)

FDD LTE BANDS & FREQUENCIES

LTE BAND NUMBER	UPLINK (MHZ)	DOWNLINK (MHZ)	BAND GAP (MHZ)
1	1920 - 1980	2110 - 2170	130
3	1710 - 1785	1805 - 1880	20
5	824 - 849	869 - 894	20
7	2500 - 2570	2620 - 2690	50
8	880 - 915	925 - 960	10
28	718 - 748	773 - 803	25

LTE — BAND 1, 3, 5, 7, 8 28

거) (나) 무선 사양

<표 3-177> LTE 모드 주파수 특성

파라미터	사양
최대 출력 전력	+23 dBm / 3.84 MHz, +1 / -3 dB
주파수 오차	within ±0.1 PPM
개회로 출력 제어	Normal conditions : within ±9 dB, Extreme conditions : within ±12 dB
최소 송신출력	< -50 dBm /3.84 MHz
점유 주파수 대역폭	< 5 MHz at 3.84 Mcps (99% of power)
인접채널 누설전력	> 33 dB @ ±5 MHz, > 43 dB @ ±10 MHz
불요전파	< -36 dBm / 1 kHz RW @ 9 kHz ≤ f < 150 kHz < -36 dBm / 10 kHz RW @ 150 KHz ≤ f < 30 MHz < -36 dBm / 100 kHz RW @ 30 MHz ≤ f < 1 GHz < -30 dBm / 1 MHz RW @ 1 GHz ≤ f < 12.75 GHz < -41 dBm / 300 kHz RW @ 1893.5 MHz < f < 1919.6 MHz < -67 dBm / 100 kHz RW @ 925 MHz ≤ f ≤ 935 MHz < -79 dBm / 100 kHz RW @ 935 MHz < f ≤ 960 GHz < -71 dBm / 100 kHz RW @ 1805 MHz ≤ f ≤ 1880 MHz
상호변조 전송	< -31 dBc @ 5 MHz & < -41 dBc @ 10 MHz when Interference CW Signal Level = -40 dBc
오류 벡터 크기	< 17.5 %, when Pout ≥ -20 dBm
피크코드 영역 오류	< -15 dB at Pout ≥ -20 dBm
기준감도 레벨	BER < 0.001 when for = -106.7 dBm / 3.84 MHz
최대입력 레벨	BER < 0.001 when Îor = -25 dBm / 3.84 MHz
인접채널 선택도	ACS > 33 dB where BER < 0.001 when Îor = -92.7 dBm / 3.84 MHz & Ioac = -52 dBm / 3.84 MHz @ ±5 MHz
차단 특성	BER < 0.001 when Îor = -103.7 dBm / 3.84 MHz & Iblocking = -56 dBm / 3.84 MHz @ Fuw(offset) = ±10 MHz or Iblocking = -44 dBm / 3.84 MHz @ Fuw(offset) = ±15 MHz
스퓨리어스 응답	BER < 0.001 when Îor = -103.7 dBm / 3.84 MHz & Iblocking = -44 dBm
상호변조	BER < 0.001 when Îor= -103.7 dBm / 3.84 MHz & Iouw1 = -46 dBm @ Fuw1(offset) = ±10 MHz & Iouw2 = -46 dBm / 3.84 MHz @ Fuw2(offset) = ±20 MHz
불요전파	< -57 dBm / 100 kHz BW @ 9 kHz ≤ f < 1 GHz < -47 dBm / 1 MHz BW @ 1 GHz ≤ f ≤ 12.75 GHz

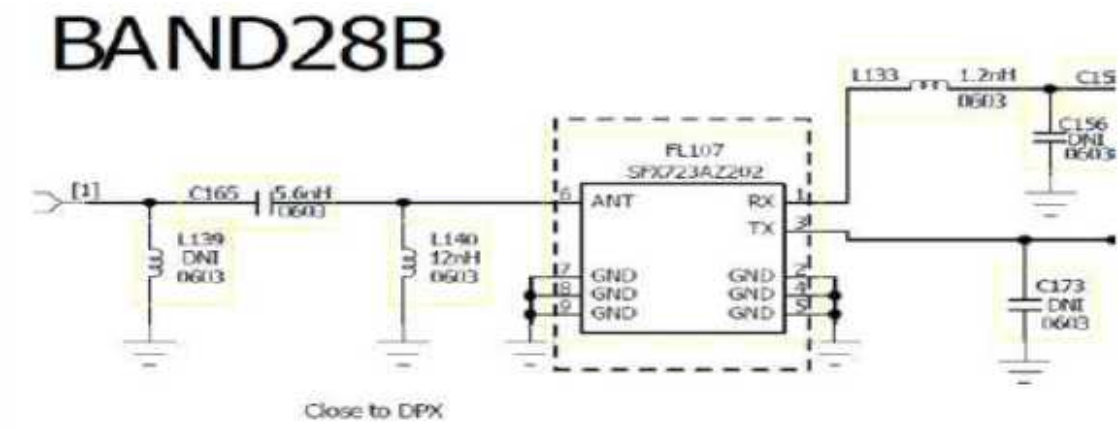
너)

더)

(1) (5) 간섭제거 필터 인터페이스 회로설계도

러) 공공망 주파수 인근 UHD방송에 의한 간섭제거용 필터 인터페이스 회로설계

머) UHD 방송 주파수(753~771MHz)에 의한 통합공공/재난망(B28) 수신(773~783MHz) 성능에 영향이 발생하므로 UHD 방송 간섭방지 전용필터를 적용 개발 및 RF Tunning 진행



<그림 3-269> 간섭제거용 필터 인터페이스 회로 설계도

라. 다. LTE-R 기반 휴대단말기 제작

(1) (1) 휴대단말기 시작품 제작

(2)



<그림 3-270> 휴대단말기 시작품

(3)

(4) (2) 휴대단말기 시제품 제작

나) 공공망 주파수 인근 UHD 방송에 의한 간섭제거용 필터를 적용한 단말기 시제품 제작

UHD 간섭제거 필터를 적용한 단말기 시제품 변경 전/후 비교

구분	변경내용: B28부품 변경 (Duplexer)		적용 단말기
	변경 전	변경 후	
전면			
후면			

<표 3-178> 휴대단말기 시제품 제작사양

구분	LTE-R 단말
주파수 Band	B28
상용망 연계	B3,5
Output Power	23dBm이상
CP/AP Chip	CP: 3GPP Rel.10, AP: 2.3GHz Quad Core Multimedia / BB : Adreno330/MSM8974AB
LCD	2.6인치 (HVGA, Non-touch)
Camera	후방 1300만화소/ 전방 500만 화소
위치정보	A-GPS + GLONASS
OS	안드로이드(Android) 5.0 롤리팝(Lollipop)
기본 File Format	Audio Codec : MP3, AMR-NB/WB, AAC, WAVE, FLAC, MIDI, Vorbis Video Codec : MPEG4, H.264, H.263, VP8, JPEG, GIF, PNG, BMP, WebP
Speaker 출력	1.5W (Maximum) 출력
Battery	배터리(3,000mAh Li-Ion), TBD
Key 패드	카메라촬영키, 채널조절놉, 볼륨조절키, 스피커On/Off키 등을 독립적 하드키 추가 지원
Sensor	Gyroscope, Accelerometer, Geomagnetic, Proximity, Barometer
근거리 통신	블루투스(Bluetooth)4.0 Wi-Fi 802.11a/b/g/n
외부 인터페이스	3.5 pi Audio jack, HDMI
동작/보관온도	-20~+60
습도	습도 5%~95%에서도 8시간동안 이상 없이 동작 (non-condensing)
방수/방진	IP67
무게	단일모드 단말기로 기본배터리 포함 230g 이하
LCD 내구성	Ball drop 테스트(Steel Ball 130g을 40cm 높이 낙하)
낙하시험	MIL-STD-810G 만족
직접통신(선택)	Option사항으로 추후, 표준규격 제정과 지원 모뎀chipset upgrade시 지원 가능

(1) (3) PTT Client UI/UX 개발

다) 철도 전용 단말에 적합한 심플한 사용자 인터페이스(UI)를 적용하여 기존 무전기 사용자의 사용성을 고려한 디자인/개발을 진행하였다.



<그림 3-271> 휴대단말기 PTT Client UI/UX

라)

~~마.~~ 라. TE-R 기반 휴대단말기 시작품 250km/h 속도대역 자체검증

(1) (1) LTE-R 기반 휴대단말기 자체검증 개요

나) (가) 자체검증 개요

① 시험개요

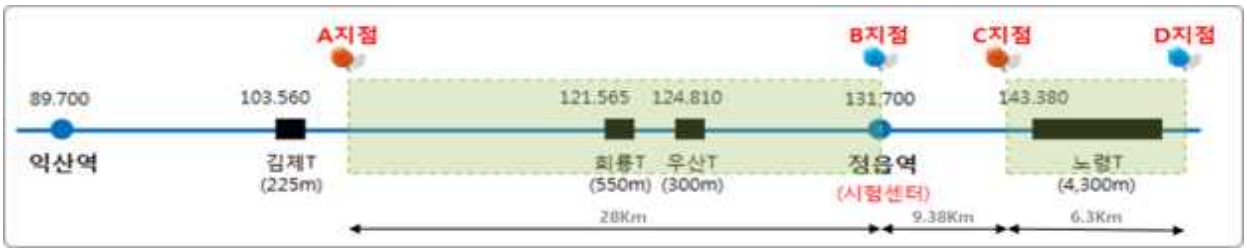
다) 250~300km/h 속도대역에서 LTE 기반의 철도전용 무선통신망(LTE-R)에서의 휴대단말기 성능시험을 통하여 신뢰성 검증

라) 무선 통신망이 구축된 호남고속선 일부 (익산-정읍, 노령터널)에서 통합공공망용으로 할당된 주파수 전용의 (LTE-R) 지상망 시험선 구간에서 휴대단말기 성능 검증

② 시험기간 : 2016.01.27. ~ 2016.02.23.

③ 시험조건

- 시험구간 : 호남고속선 익산~정읍 구간(총 34.3km, 노령터널 4.3km 포함)



- 시험차량 : KTX-36호
- 측정장비 : QXDM Professional, 개발용 노트북, 휴대단말기(Band28지원), USB 케이블

마) (나) 주요 시험항목 및 검증기준

바) LTE-R 휴대 단말기의 자체검증 기준으로 통신 품질 및 성능 기준을 아래와 같이 정의하여 품질 시험을 진행하였다.

<표 3-179> 휴대단말기 주요 무선통신 품질기준

세부항목	검증기준	관련표준
휴대단말기 기준 출력 및 RF 성능	99% 이상	3GPP TS 36.101 6.2.1
네트워크 등록시간	측정평균 500ms 미만	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서
데이터 전송속도 및 시험 구간내 RSRP 측정	하향링크: (휴대) 2Mbps이상 상향링크: (휴대) 1Mbps이상	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서
음성통화/영상통화	착신 성공률 99%, 발신 성공률 99% 이상	TTAK.KO-06.0369 TTAK.KO-06.0370

(1) (2) LTE-R 휴대단말기 자체검증 결과

① 휴대단말기 기준 출력 및 RF 성능 측정결과

사) 측정결과 3GPP 통신 규격을 상회하는 성능결과로 측정되었다.

<표 3-180> 휴대단말기 자체검증 성능결과_기준출력 및 RF성능 측정

LTE B28 10M 기준	EARFCN27410	27510	27610
Max pwr@12RB (dBm)	22.83	22.76	22.77
Max call current@3.8V (mA)	532	582	536
ACLR E-UTRA(-29.2), (dBm)	-44.65	-39.87	-39.92
ACLR UTRA1(-32.2), (dBm)	-44.65	-41.8	-41.78
Main Sense(-95.5)@50RB (dBm)	-99.30	-99.30	-99.10
Sub Sense(-95.5)@50RB (dBm)	-99.3	-100.3	-99.1

② LTE-R 전용망(B28) 네트워크 등록시간 측정 결과

아) LTE-R 휴대단말기가 LTE-R 전용망에 Attach Accept 수신 후 Attach Complete 전송까지 소요되는 시간은 28 ~ 30ms로 측정되었다.

<표 3-181> 휴대단말기 자체검증 성능결과_LTE-R 전용망 접속시간 측정

시도횟수	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회
Attach request Msg	30.212	48.611	04.152	19.175	35.013	48.298	02.213	24.777
Authentication request Msg	30.354	48.754	04.233	19.325	35.153	48.373	02.353	24.853
Authentication response Msg	30.520	48.921	04.400	19.492	35.320	48.540	02.520	25.022
Security mode command Msg	30.553	48.952	04.432	19.520	35.352	48.572	02.552	25.052
Security mode complete Msg	30.555	48.955	04.434	19.523	35.355	48.575	02.555	25.055
Attach accept Msg	30.629	49.029	04.501	19.600	35.430	48.640	02.630	25.130
Attach accept Time (ms)	417	418	349	425	417	342	417	353
Attach complete Msg	30.660	49.058	04.530	19.630	35.459	48.670	02.658	25.160
Attach complete Time (ms)	448	447	378	455	446	372	445	383
EMM information Msg	30.702	49.102	04.566	19.663	35.488	48.706	02.687	25.203

③ 데이터 전송속도, RSRP 검증 및 결과

자) 익산 ~ 정읍역 구간(오기 105 ~133km, 28km)에서 실차 시험을 진행하여 RRU 간격별 검증결과를 도출한다. 차량 이동중 1024MByte를 FTP UP Link(상향링크) / Down Link(하향링크)를 테스트 진행한 결과이며, 개활지 RSRP는 RRU 2km간격까지 98% 이상 보장되었다.

<표 3-182> 휴대단말기 자체검증 성능결과_데이터 전송속도 측정

구간	RRU간격	RSRP	SINR	MB	전송시간	최고/최저(Mbps)	평균속도(Mbps)
정읍-익산	1Km	-58~-103	88~260	1024	178	66/45	46.02
정읍-익산	1Km	-53~-113	20~244	1024	241	50/32	32.46
정읍-익산	1Km	-57~-108	76~300	1024	160	58.4/48.8	51.2
정읍-익산	1Km	-63~-103	68~262	1024	210	54.4/36	39.00
1km RRU 간격 평균 DL 속도							42.17

구간	RRU간격	RSRP	SINR	MB	전송시간	최고/최저(Mbps)	평균속도(Mbps)
정읍-익산	2Km	-51~-115	54~300	1024	212	65.6/37.6	38.64
정읍-익산	2Km	-55~-120	38~186	1024	199	36.8/31.2	30.91
정읍-익산	2Km	-54~-140	20~220	1024	259	46.4/24	31.62
정읍-익산	2Km	-56~-130	20~256	1024	135	50.4/30.4	34.96
2km RRU 간격 평균 DL 속도							34.03

구간	RRU간격	RSRP	SINR	MB	전송시간	최고/최저(Mbps)	평균속도(Mbps)
정읍-익산	3Km	-82~-136	4~224	2014	262	53.6/27.2	31.26
정읍-익산	3Km	-79~-136	2~212	1024	248	44/26.4	25.74
정읍-익산	3Km	-75~-130	6~216	1024	282	32/18.4	29.04
정읍-익산	3Km	-83~-131	2~206	1024	232	31.2/7.1	22.49
3km RRU 간격 평균 DL 속도							27.13

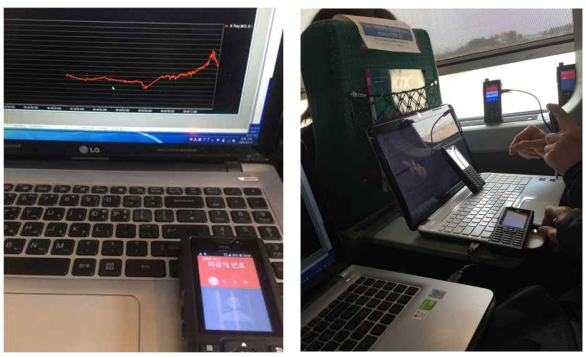
구간	RRU간격	RSRP	SINR	MB	전송시간	최고/최저(Mbps)	평균속도(Mbps)
익산-정읍	1Km	-16~-105	36~300	1024	49	20/17.6	18.66
1km RRU 간격 평균 UL 속도							18.66

구간	RRU간격	RSRP	SINR	MB	전송시간	최고/최저(Mbps)	평균속도(Mbps)
익산-정읍	2Km	-52~-118	12~300	731	396	13.6/16.8	14.77
2km RRU 간격 평균 UL 속도							

구간	RRU간격	RSRP	SINR	MB	전송시간	최고/최저(Mbps)	평균속도(Mbps)
익산-정읍	3Km	-65~-135	12~300	666	436	13.6/0.53	12.23
3km RRU 간격 평균 UL 속도							



<그림 3-272> 데이터 Throughput 실측사진

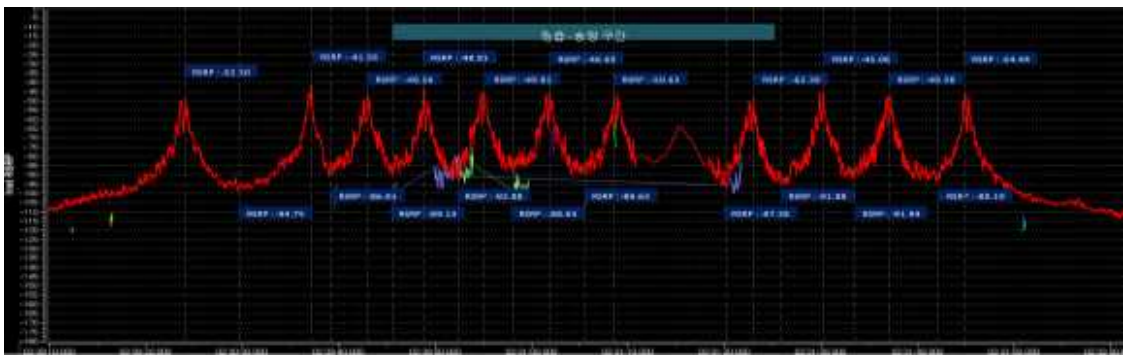


<그림 3-273> RSRP 측정 실측 사진

차)

– 정읍–광주송정 구간의 노령터널 현차시험

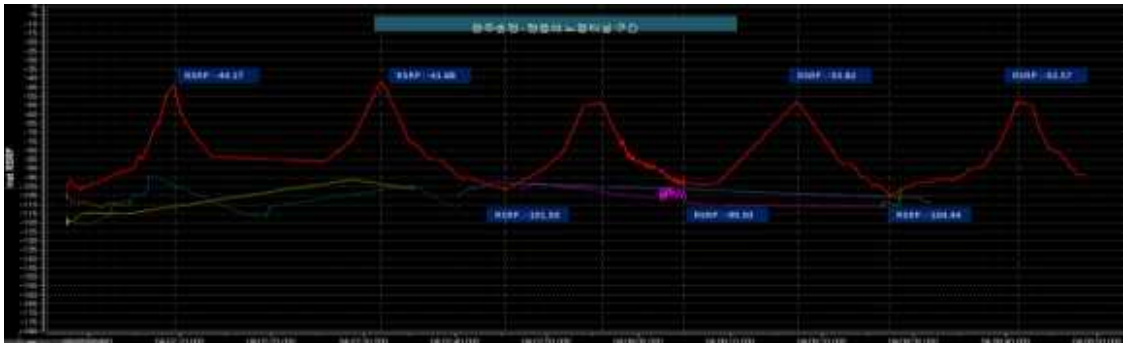
카) RRU 간격을 0.5km로 설정하여 정읍-광주송정 구간의 노령터널 검증 결과 RSRP(dBm) -41.56dBm ~ -94.75dBm의 범위로 측정되었다.



<그림 3-274> 정읍-광주송정 구간의 노령터널 RSRP(RRU 0.5km)

– 광주송정–정읍 구간의 노령터널 현차시험

타) RRU 간격을 1km로 설정하여 광주송정-정읍 구간의 노령터널 검증 결과 RSRP(dBm) -44.24dBm ~ -104.44dBm의 범위로 측정되었다.



<그림 3-275> 광주송정-정읍 구간의 노령터널 RSRP(RRU 1km)

④ 시험선 구간에서의 음성통화/영상통화 검증 및 결과

파) 정읍~익산 구간에서 각 RRU 간격별 음성통화(영상통화) 성공률은 아래와 같으며 RRU 간격 1km 설정 조건에서 끊김없이 성공적으로 통화가 가능한 결과를 얻었다.

<표 3-183> 휴대단말기 자체검증 음성/영상 통화 시험결과

구분	시험횟수	성공	실패	시험환경
음성통화	100회	100회	0회	RRU 1km 정읍-익산구간
영상통화	100회	98회	2회	RRU 2km 정읍-익산구간
음성통화	100회	62회	38회	RRU 3km 정읍-익산구간



<그림 3-276> 영상통화 및 음성통화 시험장면 사진

~~바.~~ 마. LTE-R 기반 휴대단말기 시제품 300km/h 속도대역 자체검증

(1) (1) LTE-R 기반 휴대단말기 자체검증 개요

나) (가) 자체검증 시험개요

① 시험선 개요

다) 일반 및 고속철도 운영속도에서 LTE 기반의 철도전용 무선통신망(LTE-R)에서의 휴대단말기 성능시험을 통하여 신뢰성 검증

라) 무선 통신망이 구축된 호남고속선 일부 (익산-정읍)에서 통합공공망용으로 할당된 주파수 전용의 (LTE-R) 지상망 시험선 구간에서 휴대단말기 성능 검증

마) 300~350km/h 속도대역에서 철도 전용 무선통신망(LTE-R)에서의 휴대단말기 성능 검증

② 시험기간 : 2017.01.16

③ 시험조건

– 시험구간 : 호남고속선 익산~정읍 구간(총 34.3km, 노령터널 4.3km 포함)

- 시험차량 : HEMU-430X
- 측정장비 : QXDM Professional, 개발용 노트북, 휴대단말기(Band28지원), USB 케이블

바) (나) 주요 시험항목 및 검증기준

<표 3-184> 휴대단말기 주요 무선통신 품질기준

	세부항목	검증기준	관련표준
사)	데이터 전송속도	하향링크: (휴대) 2Mbps이상 상향링크: (휴대) 1Mbps이상	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서
	시험 구간내 신호세기 측정	RSRP -110dBm 이상, 98%이상	3GPP TS 36.304, 5.1.2.2

(1) (2) LTE-R 기반 휴대단말기 자체검증 결과

아) (가) 데이터 전송속도 검증결과

자) RRU 간격 1km 간격으로 익산~정읍 구간에서 현차시험을 진행하고 차량 운행중 1024MB Down Link / 10MB FTP UP Link 테스트를 진행한 결과 검증기준을 만족하였다.

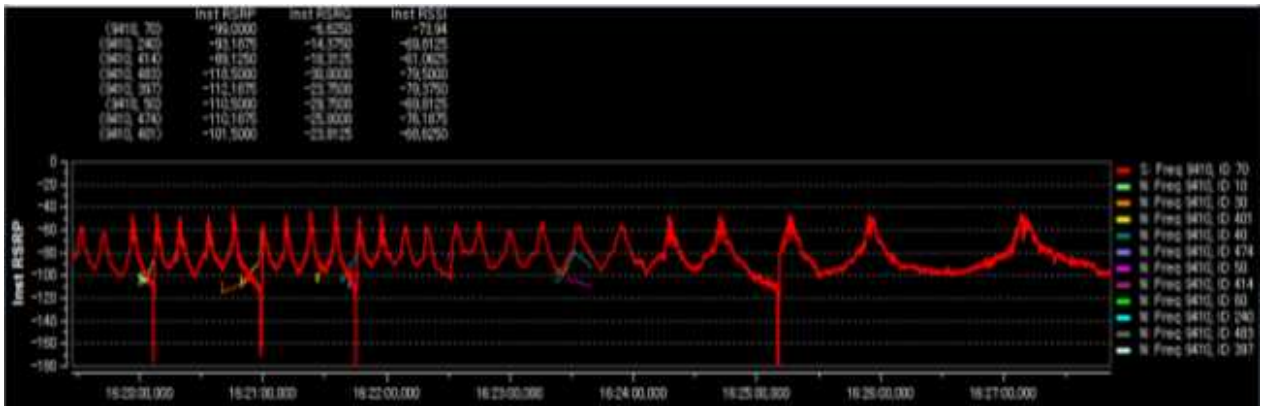
<표 3-185> 휴대단말기 자체검증 시험결과_데이터 전송속도 측정

구간	RRU간격	RSRP	SINR	MB	최고/최저(Mbps)	평균속도(Mbps)
익산-정읍	1Km	-52~-108	5~30	1024	49/3	32.8
1km RRU 간격 평균 DL 속도						32.8

구간	RRU간격	RSRP	SINR	MB	최고/최저(Mbps)	평균속도(Mbps)
익산-정읍	1Km	-52~-108	5~30	10	20/1.5	18.45
1km RRU 간격 평균 UL 속도						18.45

차) (나) 시험선 구간에서의 RSRP 검증 및 결과

카) RRU 간격을 1km로 설정하여 익산~정읍 구간에서 RSRP 결과 -52dBm ~ -108dBm의 범위로 측정되었다.



<그림 3-277> 익산-정읍 구간 RSRP(RRU 1km)

18. 5. LTE-R 기반 차상단말기 기술개발

가. 가. 차상단말기 요구사항 및 기능 정의

(1) (1) 재난 안전 무선 통신망 기능 요구사항

<표 3-186> 재난 안전 무선통신망 기능 요구사항

요구사항	설명
단말 이동성	단말이 이동시에도 통화로를 유지/연속적인 서비스를 제공받을 수 있는 기능 * 시스템 간 안정적인 통화상태 유지
통화품질	음성/영상/데이터 통화품질에 대한 국내외 전문기관의 제시 지표 만족 기능 * 끊김없는 통화품질의 안정적 제공
개별통화	상대방 단말기의 개별 ID를 눌러 1대1로만 통화하는 기능 * 특정인과의 중요내용 통화
그룹통화	동일한 통화그룹에 속해있는 단말기 상호간 1대 다수로 통화하는 기능 * 각종 상황파악 등 업무공조
비상통화	단말기의 비상버튼을 누를 경우, 동일그룹에서 최우선으로 통화할 수 있는 기능 * 각종 상황시 단말기 사용자의 위치 확인
단말기 위치 확인	위성 또는 기지국 기반 측위기술을 활용하여 단말기 위치를 확인할 수 있는 기능 * 각종 상황시 단말기 사용자의 위치 확인
영상통화	영상으로 상대방과 통화(개별/그룹)할 수 있는 기능 * 현장 상황에 대한 신속한 인식과 대응
주변음 청취	시스템 관리기에서 단말기 주변상황을 원격 청취하는 기능 * 관리자의 단말기 주변 상황 파악
복수 통화그룹 수신	1개 단말기에서 2개 이상의 통화그룹을 수신할 수 있는 기능 * 복수의 통화그룹에 대한 상황 모니터링
암호화	전송구간을 암호화하여 도·감청을 방지하는 기능 * 각종 중요행사와 주요 지휘관 간 통화 등의 경우 보안확보
인증	허가된 사용자에게만 유효화된 통신서비스를 제공하는 기능 * 단말기 사용자 등록
보안규격	보안장비 등의 탑재를 위한 표준 인터페이스 제공 기능 * 법·제도적인 보안규격 준수
개방형/표준준수	국내외 개방형 표준 준수 및 제조사가 다른 장비와의 연동을 위하여 인터페이스가 공개되어야 하는 기능 * 시스템간 상호 운용성 확보
호 연결	다양한 시스템 간 연동 가능하도록 접속시간 및 전송지연 최소화 기능 * 시스템간 상호 운용성 확보를 위한 빠른 호 연결
상황 전파 메시지	시스템 관리기 및 단말기에서 상황을 전파하기 위한 메시지 전송 기능 * 문자/데이터 등을 활용한 상황전파
다자간 전이중 통화	복수의 단말기와 동시 통화가 가능한 기능 * 각종 상황 시 회의통화 지원
데이터 통신	개별·그룹 통화 중에도 데이터 통신 서비스 지원 기능 * 끊김없는 통신환경 제공
발신번호(ID) 표시	음성통화 및 데이터 전송시 액정에 현출되는 ID를 통해 상대방을 확인할 수 있는 기능 * 통신 상대방과 통신규정 위반사례 등 확인

(2) (2) LTE-R 통신망 서비스 요구사항

<표 3-187> LTE-R 통신망 서비스 요구사항

요구사항	설명
개별 음성통화	두 통화자 간의 음성 통화를 지원
공공 긴급통화	공공 긴급 통화를 할 수 있도록 지원
방송통화	방송 통화 지원
그룹통화	그룹 통화 지원
다자간 통화	최소 3인 이상의 상이한 상대방 간 다자간 통화

멀티미디어 메시지 서비스	네트워크는 지상에서 이동 무선장치 사용자 까지 점 대 점 및 점대 다중점 멀티미디어 메시지 전송을 지원
일반 데이터 서비스	지상과 이동 무선장치 사용자 간의 광범위한 데이터 통신을 지원
열차제어 정보 전송서비스	시스템은 안정적인 열차제어를 위해 끊김 없는 데이터 통신을 지원해야 함
개별 영상 통화	시스템은 두 통화자 간의 영상 통화 지원함
그룹 영상 통화	시스템은 그룹 영상 통화를 지원함
영상 정보 전송	시스템은 열차 안전운행과 관련된 영상 정보 전송 기능을 지원함
착신/발신 사용자의 ID 표시	장비는 표준 전화번호의 형태로 착신자나 발신자의 ID을 표시할 수 있어야 함
착신/발신 사용자의 표시 제한	특정 사용자의 ID가 이동 무선장치에 표시되지 않도록 방지
우선순위 및 선점권	상이한 우선순위 레벨의 구성원 중 가장 높은 우선 순위를 가지는 구성원에게 통화가 할당될 수 있는 기능이 제공
폐쇄형 사용자 그룹	외부에서 한국형철도통합무선망 네트워크에 접근할 수 있는 사용자 그룹이 제한
착신전환	한 사용자를 위한 착신 호나 데이터 메시지가 네트워크 내의 다른 장치로 착신 전환
통화 보류	네트워크는 사용자가 통화를 보류시켜 기존 통화로부터 일시적으로 통화를 보류
통화 대기	네트워크는 기존 통화를 하는 사용자에게 다른 사용자가 접속하려 한다는 것을 통보해야 함
과금 정보 (부가항목)	네트워크 서비스 요금을 청구할 수 있는 경우, 네트워크가 통화 요금 및 진행 중인 통화 과금에 대한 정보를 제공
통화 제한	네트워크 관리나 유지보수 시설을 이용하여, 통화를 제한
자동 응답 서비스	착신 통화 우선순위에 따라 높은 우선순위의 통화가 연결중일때, 낮은 우선순위를 가지는 통화에는 통화 대기 중이라는 메시지가 자동으로 응답
모든 음성/영상 통화 녹취	사고의 사후 분석을 위해 음성통화 및 영상 통화를 녹취하는 기능을 제공
기능 어드레싱	관제사가 열차번호를 이용하여 열차 기관사와의 통신을 설정할 수 있는 어드레싱 체계를 제공
위치 기반 어드레싱	사용자의 위치에 따라 달라지는 목적지 번호를 식별할 수 있도록 위치기반 어드레싱 체계 제공
철도 긴급통화	철도 운용 긴급 통화를 위해 우선순위가 높은 음성 통화를 취급할 수 있는 체계 제공
입환모드	입환모드 통신용으로 사용되는 이동 무선장치의 기능과 특징에 대한 사용자 접근을 규제/제어하는 체계 제공

(3)

나. 나. 차상단말기 설계 및 제작

(1) (1) 차상단말기 개념설계 및 개발표준(안) 도출

나) (가) 차상단말기 구성방안

다) LTE-R 기반 차상단말기는 철도 통신시스템이 제공하는 통신망을 통하여 관제조작반, 단말장치 등과 음성통화/영상통화/데이터서비스 등 서비스를 포함한 다양한 철도응용서비스를 제공할 수 있어야 한다.



<그림 3-278> 차상단말기 구성방안

라) (나) 차상단말기 구성품 기능 및 특징

<표 3-188> 차상단말기 구성수량

구 성	형 태			
	A형(동력차/운전실)		B형(객차)	
차상용조작반-TRCP	대	2		
차상용 인터페이스 장치-TCI	대	2	대	객차수량
LTE-R 무선통신장치	대	2	대	객차수량
차량안테나	대	2	대	객차수량

마)

바) (나) 차상단말기 구성품 성능

① 차상조작반-TRCP

<표 3-189> 차상조작반 성능

구분	항목	규격
HW	CPU	2.3㎓ Quad Core
	Display	8'TFT-LCD/Touch/Tempered glass
	Memory	내장 2GB/외장 32GB 이상 SD카드 지원
	Camera	5M Pixel(Included IR LED), Auto Focus
	Speaker	내장 : 7W+7W/외장 13W(후면 확장 포트)
	Key(Button)	숫자(0~9)/볼륨/전원/카메라/비상알림/화면밝기/설정/기능
	Sensor	Gyro/Magenetic/Acceleration Sensor
	GPS	A-GPS/GLONASS 지원
	무선연결성	Bluetooth 4.0/ Wi-Fi 802.11 a/b/g/n
	Interface	(외장스피커 연결용 커넥터) (핸드셋장치 연결용 커넥터)
	사용전원	DC 11~13.8W
SW	운영체제	Android 5.0 Lolipop/한글지원
	한글입력	천지인 입력방법 적용
	음성통화	IR92 규격 VoLTE 음성통화
	영상통화	IR94 규격 VoLTE 영상통화
	메시지	IR92 규격 SMS, OMA MMS 1.2 규격 MMS
	기본 File Format	Audio Codec : MPS, AMR-NB, ACC
		Video Codec : MPEG4, H.264, H.263
		Picture : JPEG, PNG, GIF, BMP
	백신	V3 Mobile 구매설치

	FOTA		FOTA Client 구매설치
	APP.	기본 APP	Calendar, Camera, Gallery, Clock, Contact, Dialer, Messaging, Music, Settings, Sound Recorder 등 10종
		PTT Client	PTT 안드로이드(Android) App 탑재가능
		PS-LTE APP	재난안전통신망에 필요한 기능을 안드로이드(Android) App으로 탑재
환경	온도		동작온도 : -25℃ ~ 60℃ / 보관온도 : -35℃ ~ 65℃
	습도		5% ~95%에서도 8시간 동안 이상없이 동작
	충격/내구성		KS R 9144 철도 차량용 진동시험
	방진방수		IP54
	무게		1.8kg 이하

② 차상 인터페이스 장치-TCI

<표 3-190> 차상인터페이스 장치 성능

구분	항목	규격
HW	RCU	VHF 송수신기 인터페이스 제공 : PTT, Audio, CSQ, COR, VOX, On/Off 제어, 채널제어 TRS Astro 송수신기 인터페이스 제공: SB9600-API TRS Tetra 송수신기 인터페이스 제공 : SB9600-API
	TRCP	10/10Base-T / 1Port
	BIU	10/10Base-T / 1Port, 2W/4W
	PLU	10/10Base-T / 1Port, 접점제어
	TCMS	10/10Base-T / 1Port, RS-422/485
	NCU-A	10/10Base-T / 2Port(Lan 1, Wan 2)
	NCU-B	10/10Base-T / 4Port(Lan 4)

③ LTE-R 무선통신장치

<표 3-191> LTE-R 무선통신장치 성능

구분	항목	규격
HW	MODEM	주파수 : Band 28 Standard LTE(3GPP 9) Standard LTE(3GPP 10) TCI/2 위치선택 토글 스위치 10/10Base-T / 1Port 2 SMA Antenna Ports

④ 차상안테나

<표 3-192> 차량안테나 성능

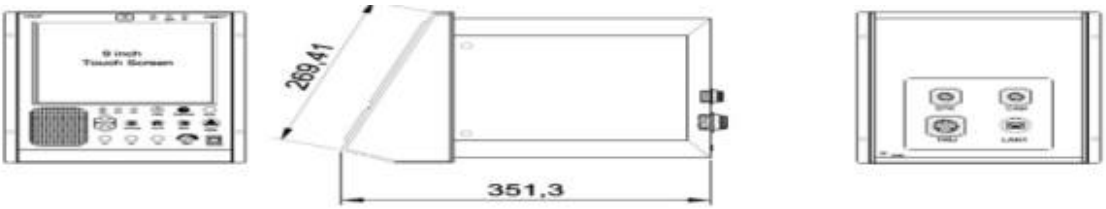
구분	항목	규격
성능	주파수	VHF @ 146~174㎒ LTE-R @ 718~728㎒ / 772~782㎒ TRS @ 806~821㎒ / 851~866㎒ GPS @ 1575 ~ 1602㎒
	사용온도	-35℃ ~ +65℃
	이득	VHF @ 3dBi LTE-R @ 5dBi TRS @ 5dBi GPS @ 21dBi
	임피던스	50Ω
	정재파비	1.5:1 이하
	허용전력	50W 이하
	커넥터타입	N-Female / SMA-Female

사)

아)

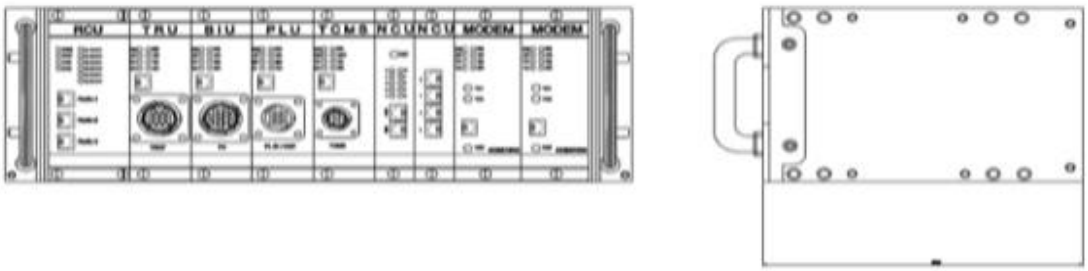
자) (다) 차상단말기 구성품 외형

① 차상조작반-TRCP



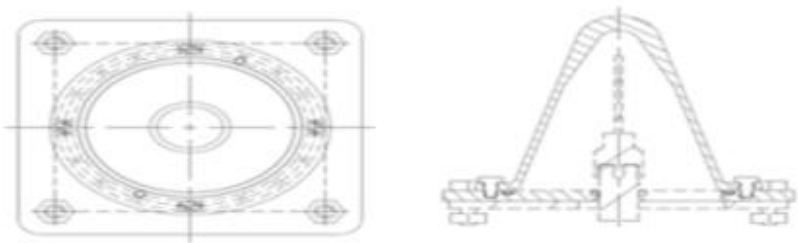
<그림 3-279> 차상조작반 외형 설계도

② 차상인터페이스 장치-TCI



<그림 3-280> 차상인터페이스 외형 설계도

③ 차상안테나



<그림 3-281> 차상안테나 외형 설계도

차)

(1) (2) LTE-R 기반 차상단말기 시작품 제작

카) (가) 차상조작반 : TRCP

① TRCP 개요

<표 3-193> 차상조작반 개요

주요기능	구성품	용도
차상인터페이스 장치 및 영상장치 제어 LTE 통신장치를 통한 PTT 음성통화 PTT(Push to Talk) Client S/W 개발 PMI(Priority Management) Client S/W RoIP(Radio ocer Internet Protocol) 통신 S/W 기본환경 설정 및 통합화면 UI 내장	·TRCP Main Board ·FTF-LCD(Touch glass) ·Sub board ·Amp.Board ·Hand set Unit ·Button & Switch ·PTT Client software	·차량 운전실에 설치하여 기관사 또는 기장의 LTE-R 차상단말기 운용 위한 조작반 ·시제품 출시 전 현차 검증을 위한 Proto type 버전

② TRCP 시작품 실물 사진



<그림 3-282> LTE-R 차상단말기 시작품

타) (나) 차상인터페이스 장치: TCI

파) ① TCI 개요

<표 3-194> 차상인터페이스 장치 개요

주요기능	구성품	용도
LTE-R 무선통신장치 내장 열차내 방송장치 인터페이스 차상 제어장치 인터페이스 영상장치 인터페이스 LTE-R 및 이기종ㅇ 통신장치(TETRA, VHF) 연동	·TCI Controller ·LTE-R Modem Controller ·Radio Control Unit ·PA Unit ·Parallel Unit ·TCMS ·Network Control Unit	·차량 내부 큐빅클 내부에 설치하여 LTE-R 차상장치와 기존 차상장치 연동을 위한 인터페이스 장치 ·시제품 출시 전 현차 검증을 위한 Proto type 버전

하) ② TCI 시작품 실물 사진



<그림 3-283> 차상인터페이스 장치 시작품 실물

거)

너) (다) Antenna

① Antenna 개요

<표 3-195> 차상안테나 개요

주요기능	구성품	용도
LTE-R + GPS 듀얼밴드 지원 - LTE-R(Band28) 주파수 지원 - GPS 1575㎒ 주파수 지원	·Antenna Conector(N-M) ·Antenna(Press type) ·Reflection panel	·LTE-R 통신을 위하여 차량에 설치하는 차량용 안테나 ·시제품 출시 전 현차 검증을 위한 Proto type 버전

② Antenna 시작품 실물 사진



<그림 3-284> 차상안테나 시작품 실물

(1) (3) 차상단말기 시제품 제작

더) (가) 차상조작반(TRCP : Train Radio Control Unit)

러) 운전실 내 지정위치에 설치되며, VHF/ASTRO/TETRA/LTE-R 무선통신 장치의 제어조작을 단일장비에서 구현하며 8인치 TFT LCD 화면 및 조작버튼으로 해당장치의 제어 및 기능을 구현하고 있다.

	ㅇ 특 성 - 동작온도 : -35 ~ +70℃ - 입력전압 : 72V(70 ~ 110V) - 소비전력 : 60W - DISPLAY : 9inch TFT LCD - 인터페이스 : 전면 버튼(기능키) - 중 량 : 3.2Kg이하

<그림 3-285> LTE-R 차상단말기 차상조작반(TRCP)

머) (나) 차상인터페이스 장치(TCI : Train Control Interface)

버) 동력차 배전반의 지정위치에 설치되며 자동 또는 수동의 스위치 전환입력에 의하여 VHF/ASTRO/TETRA/LTE-R 중 하나의 무선장치가 선택되어 통화할 수 있도록 전환하는 시스템이다.

서)

	ㅇ 특 성 - 통신방식 : RS232C, RS485, Ethernet - 동작온도 : -35 ~ +70℃ - 입력신호 : 자동/VHF/ASTRO /TETRA /LTE-R 스위치 - 제어신호 : VHF, ASTRO, TETRA, LTE-R Select - 크기 : 482 X 132.5 X 320mm(W x H x D) - 공급전력 : MAX. 100W at 100VDC - GPS 입력신호 : RF-in - 중량 : 4.5kg 이하

<그림 3-286> LTE-R 차상단말기 제어기 및 인터페이스 장치

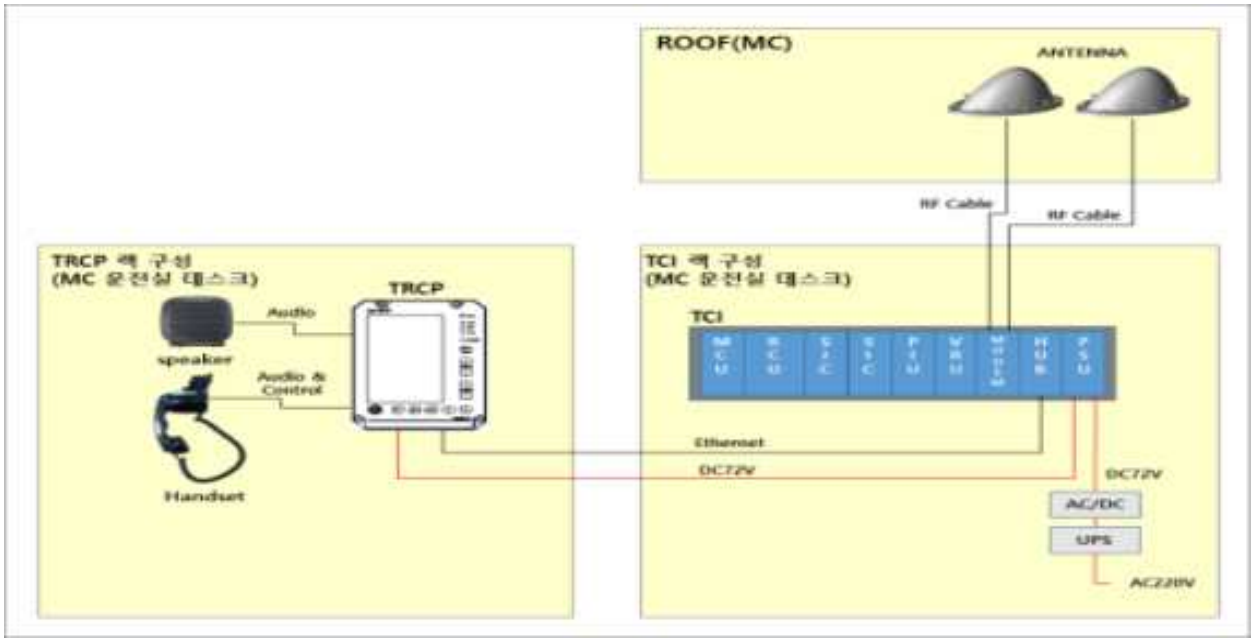
어) (다) 차상안테나

	ㅇ 특 성 - 동작온도 : -35 ~ +70℃ - 주파수대역 : LTE-R@ 718~728MHz / 773~783MHz - GPS @ 1575.325MHz - 이 득 : LTE-R@ 5dBi, GPS @ 5dBi - 지 향 성 : directional - 정재파비 : 1.5 : 1 이하 - 허용입력 : 50W - 콘 넥 터 : TNC Female Type - 중 량 : 1.6Kg

<그림 3-287> LTE-R 차상단말기 안테나

다. 다. LTE-R 기반 차상단말기 시제품 구축

(1) (1) 차상단말기 설치 구성도



<그림 3-288> HEMU-430X 차상단말기 설치구성도

나)

<표 3-196> HEMU-430X 차상단말기 설치구성품

품명	설치 위치	설치 수량	형상	크기(mm)	무게
TRCP (조작반)	MC 운전실	1대	 ▲ TRCP (Train Radio Control panel)	560(W)*470(H)*580(D)	15kg
TCI (인터페이스 장치)	MC 운전실	1대	 ▲ TCI (Train Control Interface)	560(W)*470(H)*580(D)	20kg
Antenna (안테나)	MC 옥상	1조 (2개)		177(W)*138(H)*307(D)	1.6kg (개당)
Antenna Bracket	MC 옥상	1조 (2개)		183(W)*6(H)*313(D)	1.5kg
		1셋		900(W)*140(H)*500(D)	17kg
RF 및 데이터케이블	안테나~차상단말기 간	1식	RG400 Cable 2개 (안테나~차상단말기 간)		

다)

라)

(1) (2) 차상단말기 설치 방안

<표 3-197> HEMU-430X 차상단말기 설치방안

구분	차상단말기	차상안테나
설치장소		· MC카 옥상(Roof Top)
설치방안		· MC카 지붕에 FAIRING ASS'Y에 천공하여 안테나 브라켓 구조물을 볼트 너트를 이용하여 취부 · RF케이블은 MC카 진행방향 좌측 배관경로 이용
사진	 	  
비고	※운전실내 설치 모습	· 케이블 경로에 따른 케이블고정 (측면 통풍구에 고무배관 및 스틸밴드를 이용하여 고정)

라.

~~마.~~ 라. LTE-R 기반 차상단말기 시작품 250km/h 속도대역 자체검증

(1) (1) LTE-R 기반 차상단말기 시작품 자체검증 개요

나) (가) 자체검증 개요

① 시험개요

다) 일반 및 고속철도 운영속도에서 LTE 기반의 철도전용 무선통신망(LTE-R)에 대한 성능시험을 통한 신뢰성 검증

라) LTE-R 기반 무선통신시스템 중 LTE-R 차상단말기 시작품을 현차(운행차량)에 탑재하여 250~300km/h 속도대역에서 통화품질시험 및 검증데이터 산출

② 시험기간

- 정적시험 : 2016.02.01. ~ 2016.02.22.
- 동적시험 : 2016.02.23. ~ 2016.02.25.

③ 시험조건

- 시험구간 : 호남고속선 익산~정읍 구간(총 34.3km, 노령터널 4.3km 포함)



- 시험차량 : KTX-36호(검측실)

- 시작품 설치 및 시험장소 : 정읍시험센터(관제조작반 지령장치 및 PTT S/W)
- 측정장비 : LTE-R 차상단말기, 상용노트북(Chronos7/Win7), DM(Network signal Info pro)
- 현차시험을 위하여 KTX36호 검측실(18호차)에 차상단말기 시작품을 설치하여 시험 진행 TRCP, TCI, PSU 가 실장된 일체형 랙은 검측실 출입문 좌측에 설치하였고, LTE-R 전파 송/수신을 위한 차상안테나(패치타입)는 검측실 내부 유리에 설치하였음.
- 차상안테나(패치타입)가 실내에 설치됨으로서 당초 설치 예정지인 운전실 전면 설치 지점에 비하여 RSRP(Reference Signal Received Power)측정 값 감소 및 전파 페이딩(Fading) 증가가 작용하는 조건하에 시험하였음.

④ 차상단말기 설치 환경

<표 3-198> KTX-36호 차상단말기 설치환경

구분	설치 상태	설명
차상단말기 일체형 - TRCP - TCI		- 18호차 검측실내부 설치 
차상안테나		- 검측실 실내 유리 부착 (하행방향 좌측유리/RRU방향) - 상호통화시험 및 데이터 산출을 위하여 사용됨(측정결과) (RRU간격:개활지1/2/3/4km, 터널0.5/1/1.5/2Km)
		- 검측실 내부 통로 방향 - 실내로 유입되는 반사파 수신을 위한 안테나 위치 변경에 따른 측정값 비교 (RRU간격:개활지4Km, 터널2Km)
		- 검측실 실내 유리 부착 (하행방향 우측유리/RRU반대방향) - 기지국 반대편 위치의 전파수신률 비교를 위함 (RRU간격:개활지3Km, 터널1.5Km)

마) (나) 주요 시험항목 및 검증기준

<표 3-199> 차상단말기 주요 무선통신 품질기준

	세부항목	검증기준	관련표준
바)	차~지상간 상호 통화시험	DAQ4.0 이상	19. 호남고속철도 열차무선시스템 설계기준
	전파수신강도 측정	RSRP(Reference Signal Received Power) ≥ -95dBm(95% 이상)	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서
	데이터 전송속도	하향링크: (차상) 4Mbps이상 상향링크: (차상) 3Mbps이상	

<표 3-200> DAQ Score

스코어	기준
DAQ 5	음이 쉽게 이해된다.
DAQ 4.5	음이 쉽게 이해된다. 잡음과 왜곡이 거의 없다.
DAQ 4	음이 쉽게 이해된다. 잡음과 왜곡이 적다.
DAQ 3.4	음의 이해를 위해 드물게 반복이 필요 (약간의 잡음과 왜곡 발생)
DAQ 3	약간의 노력으로 이해 가능 (잡음과 왜곡으로 인해 약간의 청취 반복이 필요)
DAQ 2	상당한 노력으로 이해 가능 (잡음과 왜곡으로 인해 잦은 청취 반복이 필요)
DAQ 1	사용불가, 소리는 나지만 이해불가

(1)

(2) (2) 차상단말기 시작품 자체검증 결과

나) (가) 차~지상간 상호 통화시험 결과

다) 시험 기준 값은 호남고속철도 열차무선시스템 설계기준에 사용된 DAQ 스코어 이상 기준을 사용하였다. RRU간격 1~3Km 간격에서의 통화품질 측정값은 4.0 이상으로 측정되었으며, 4Km 간격에서는 순간적인 끊김이 다소 발생되었다.

<표 3-201> RRU 간격별 차~지상간 상호 통화시험 결과

구 분	RRU 서비스 간격	기준 값	측정값	시험결과
개활지	1Km	DAQ4.0	4.0	적합
	2Km		4.0	적합
	3Km		4.0	적합
	4Km		3.4	부적합
터널구간	0.5Km		4.0	적합
	1Km		4.0	적합
	1.5Km		4.0	적합
	2Km		3.4	부적합

라) (나) 전파수신강도 측정결과

마) 차상안테나(패치타입)을 검측실 내부 유리에 부착한 상태로 측정한 결과물로서 운전실 내부 또는 외부 안테나 설치조건에 비하여 열악한 조건(RSRP저하 및 페이딩 증가)이다. 그리고 직접 수신되는 전파를 피하고 반사파를 통한 수신감도 측정을 위한 RRU 반대편 설치 및 실내 설치 측정결과는 본 측정방법(RRU방향부착)에 비하여 RSRP 값이 1dB~6dB 이상 감소하여 본 결과 합산에서 제외 하였다. 개활지 RRU간격 1km, 터널 1.5km 까지는 적합한걸로 도출되었다.

<표 3-202> 전파수신강도 측정결과

구분	RRU 서비스 간격	시험횟수 (KTX36호)		기준값	측정값				시험결과
					RSRP(Reference Signal Received Power)			20. ≧ -95dBm 21. 분포율 (%)	
		하행	상행	RSRP (dBm)	평균 (dBm)	최대 (dBm)	최소 (dBm)		
개활지	1Km	1	2	가) -95dBm 나) (95% 이상)	-74.49	-44	-102	98	적합
	2Km	3	2		-81.96	-44	-107	89	부적합
	3Km	1	1		-91.35	-44	-122	67	부적합
	4Km	1	1		-94.90	-44	-140	56	부적합
터널구간	0.5Km	1	2		-70.06	-44	-99	97	적합
	1Km	3	2		-73.90	-44	-107	98	적합
	1.5Km	1	1		-77.49	-44	-109	95	적합
	2Km	1	1		-82.32	-51	-111	61	부적합

다) (다) 데이터 전송속도 측정결과

라) 개활지 RRU 1km 간격, 터널구간(0.5~2km)에서는 기준값 이상으로 측정

구분	RRU 간격	시험횟수 (KTX36호)		기준값	측정값						시험결과
					Data Throughput						
				Down/Up (Mbps)	Down link			Up link			
		하행	상행		평균 (Mbps)	최대 (Mbps)	최소 (Mbps)	평균 (Mbps)	최대 (Mbps)	최소 (Mbps)	
개활지	1km	1	2	D/L:4 U/L:3	44.87	77.53	11.48	20.56	39.35	6.23	적합
	2km	3	1		43.55	74.21	2.78	16.71	31.03	2.24	
	3km	1	1		38.42	69.97	3.12	13.87	30.21	1.72	
	4km	1	1		37.41	69.55	4.28	10.93	37.00	0.42	
터널구간	0.5km	1	2		42.81	67.49	20.29	18.49	29.90	10.07	적합
	1.0km	3	1		40.81	64.36	17.30	17.27	27.88	4.26	적합
	1.5km	1	1		37.06	62.32	15.71	15.59	25.38	3.26	적합
	2.0km	1	1		35.00	53.09	13.31	14.18	22.81	3.2	적합

~~나.~~ 마. LTE-R 기반 차상단말기 시제품 250km/h급 운행선로 공인검증

(1) (1) LTE-R 기반 차상단말기 시제품 운행선로 공인검증 개요

나) (가) 공인검증 개요

① 시험개요

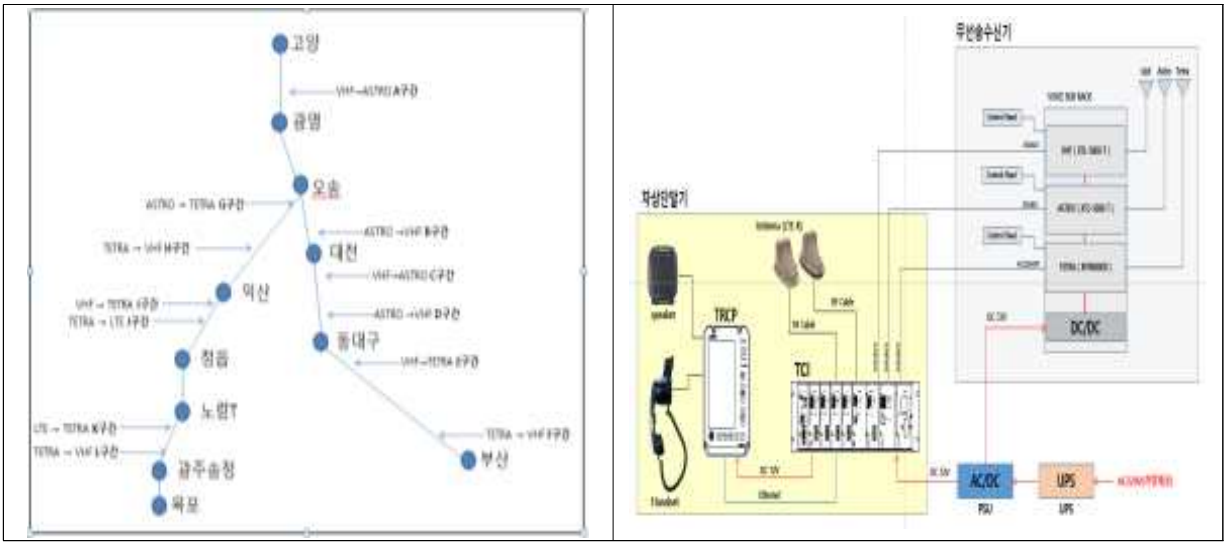
다) 250~300km/h 속도대역의 원강선 시운전 고속차량에 LTE-R 차상단말장치를 탑재하여 기존 무선망과 LTE-R무선망의 자동 절환 전환 시점에서 자동절환전환(ACS)기능의 정상동작 및 통화시험 등 공인기관(제3자 검증)을 통한 운행선로 시험

라)

② 시험조건

- 시험차량 : 원강선 KTX 시운전 차량 402, 403호
- 시험기간 : 2016.12.22. ~ 2017.02.23.

- 시험장소 : KTX-402, 403호 1호차 내부, 정읍시험센터(관제조작반)
- 시험장비 : ASTRO 1대, VHF 1대, TETRA 1대, LTE-R 1대
- 시험구간(무선통신 자동절환지점) : 경부선, 호남선(LTE-R 구간 포함)



<그림 3-289> 시험구간 및 통신장비 계통도

마) (나) 주요 시험항목 및 내용

범위	항목	비고(공인기관)
- 지상기지국 연동 - 차상단말기간 연동 - 통화 연동 - 운용조작반 S/W	- 수동전환시험 / 자동전환시험 - 음성통신시험(LTE-R/ VHF / ASTRO / TETRA) - 데이터통신시험 - 절환지점 데이터 Up-load 기능시험 - 무선통화 녹음기능 시험	검증기관 (한국철도차량엔지니어링)

바)

22.

(1) (2) 운행선로 기능시험 및 통화품질 측정 결과

나) 운행선로 자체검증을 통하여 나타난 일부 절체구간 입력 오류, GPS오차범위 미 입력 및 PTT 서버 오류에 대하여 보완하여 제 3자 검증기관인 한국철도차량엔지니어링(로테코)에서 시험한 결과 모든 항목에서 적합함을 검증받았다.

다)

라) (가) 차상단말기 자동절환전환(ACS) 기능시험 결과

① 경부고속선

전환지점	무전기 전환 동작	결과
A지점 금천구청역 인근	VHF -> ASTRO로 무전기 전환	양호
B 지점 대전 진입 전	ASTRO -> VHF로 무전기 전환	양호
C 지점 대전 출발 후	VHF -> ASTRO로 무전기 전환	양호
D 지점 동대구 진입 전	ASTRO -> VHF로 무전기 전환	양호
E 지점 동대구 출발 후	VHF -> TETRA로 무전기 전환	양호
F 지점 부산 진입 전	TETRA -> VHF로 무전기 전환	양호

② 호남고속선

전환지점	무전기 전환 동작	결과
G 지점 호남고속선 진입	ASTRO -> TETRA로 무전기 전환	양호
H 지점 익산 진입 전	TETRA -> VHF로 무전기 전환	양호
I 지점 익산 출발 후	VHF -> TETRA로 무전기 전환	양호
J 지점 익산, 정읍 사이	TETRA -> LTE로 무전기 전환	양호
K 지점 노령T 후	LTE -> TETRA로 무전기 전환	양호
L 지점 광주송정 진입 전	TETRA -> VHF로 무전기 전환	양호

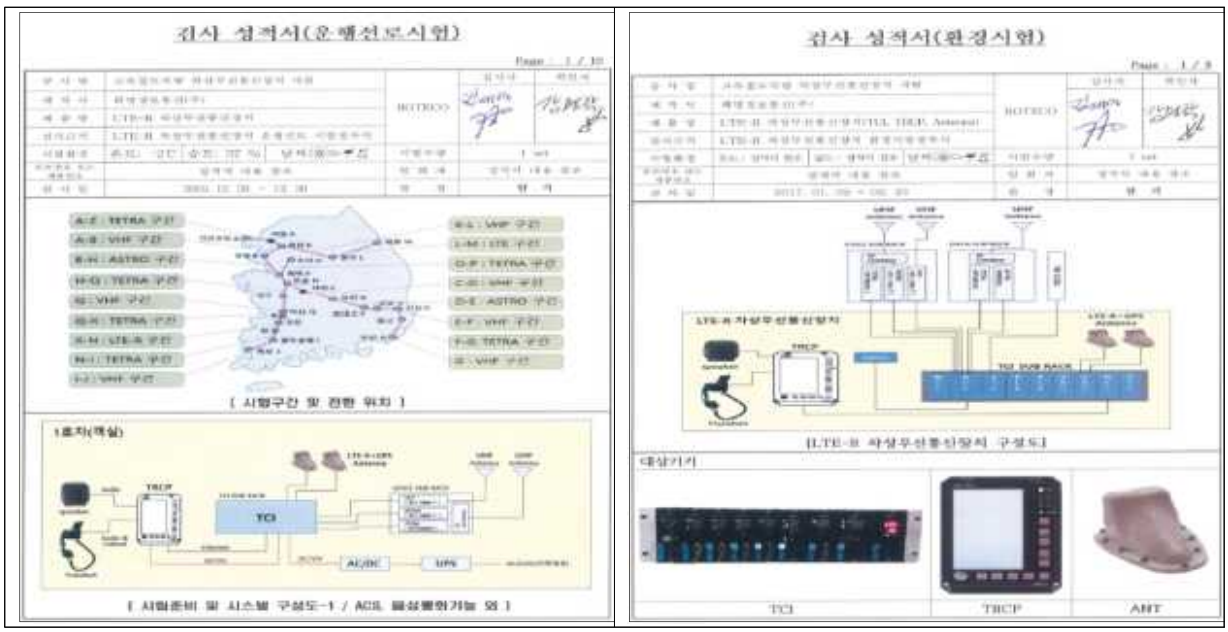
마) (나) 차상단말기 일반선, 고속선 및 LTE-R 구간 음성통화 품질 측정

바)

구 분	지점			기준값	측정값	시험결과
VHF	H 지점			DAQ 4.0	4.0	적합
	L 지점				4.0	적합
ASTRO	A지점				4.0	적합
TETRA	G 지점				4.0	적합
	I 지점				4.0	적합
	K 지점				4.0	적합
LTE-R	J 지점 (시험선구간)	그룹통화	차상~관제		4.0	적합
			차상~휴대		4.0	적합
			차상,관제,휴대		4.0	적합
		개별통화	차상~관제		4.0	적합
			차상~휴대		4.0	적합

(1) (3) 운행선로 및 환경시험 검사 성적서 획득

사)



<그림 3-290> 공인기관 검사 성적서

나. 바. LTE-R 기반 차상단말기 300km/h 속도대역 자체검증

(1) (1) LTE-R 기반 차상단말기 자체검증 개요

나) (가) 자체검증 시험개요

① 목적

- 호남고속철도 상업운행 구간(익산-정읍, 노령터널)에 통합공공망용으로 할당된 700㎒ 대역의 LTE기반 철도통합 무선통신망(LTE-R: LTE for Railway) 테스트베드 구간에서 350km/h 이하 고속 환경 하에서 차상단말기에 대한 기능 및 성능 검증
- 300~350km/h 고속 운행 환경 하에서 차상단말기의 기능 등 전반적인 신뢰성 및 안정성 등 품질 측정

② 시험조건

- 시험기간 : 2017.05.07.~2017.5.22.
- 시험장소 : HEMU-430X 운전실
- 측정 장비 : QXDM 04.00.176, KDM(KOGUREA DM) Analyzer VER.2.1.2.5
- 시험구간 : (동적) 호남고속선 일부 (총 34.3㎞), 익산~정읍 28㎞, 노령터널 6.3㎞
- 지상인프라 조건 : 지상인프라 시험 결과(RRU 적정간격 1km)에 따라 RRU 1km 설정
- 지상인프라(EPC 등) : 정읍시험센터(정읍역 인근)

<표 3-203> 차상단말기 자체시험시 기후환경

시험장소	HEMU-430X 운전실(동력실)				
시험기간	2017 년 05 월 07 일 ~ 2017 년 10 월 16 일				
	검증기관	일자	시간	날씨	온도(℃)
시험환경 (기준: 정읍)	자체	2017. 05. 07	00:30 ~ 04:30	맑음	11
	자체	2017. 05. 08	00:30 ~ 04:30	흐림/비	12
	자체	2017. 05. 14	00:30 ~ 04:30	맑음/안개	12
	자체	2017. 05. 15	00:30 ~ 04:30	구름조금	11
	자체	2017. 05. 21.	00:30 ~ 04:30	구름많음	15
	자체	2017. 05. 22.	00:30 ~ 04:30	구름조금	15

다) (나) 주요 시험항목 및 검증기준

<표 3-204> 차상단말기 자체시험 시험항목 및 검증기준

세부항목	검증기준	관련표준
LTE-R 음성통신 시험 (PTT 통화시험)	PTT 음성통화 가능, DAQ 4.0 이상	23. 호남고속철도 열차무선시스템 설계기준
일반통화(VoLTE Call)시험	VoLTE 통화가능, DAQ 4.0 이상	24. 호남고속철도 열차무선시스템 설계기준
무선통화 녹음 기능시험	통화내용 녹음, 외부 인출 및 재생	-
절환지점DB 업로드 확인	자동절환지점 데이터 업로드 가능	-
FTP	FTP Download / Upload 평균속도 하향링크: (차상) 4Mbps이상 상향링크: (차상) 3Mbps이상	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서
수신 전계강도 측정	RSRP -95dBm 이상(95% 이상)	
차상STU 인터페이스	RTT분포<500ms(99%) Ping 절단시간<5s	

라)

가)

(1) (2) 차상단말기 자체검증 결과

나) (가) 종합시험결과

<표 3-205> 차상단말기 자체시험 종합시험 결과

시험항목	기준	시험결과	비고
LTE-R 음성통신 시험	PTT 음성통화 가능, DAQ 4.0 이상	적합	DAQ : 4.0
음성호(VoLTE Call) 통화시험	VoLTE 통화가능, DAQ 4.0 이상	적합	DAQ : 4.0
데이터 통신 시험	FTP Download / Upload 평균 속도	적합	DL : 48.44Mbps UL : 17.4Mbps
절환지점 데이터 업로드 기능	자동전환지점 데이터 업로드 기능	적합	동영상파일 별도 첨부
무선통화 녹음기능 시험	통화내용 녹음, 외부 인출 및 재생	적합	녹음파일 별도 첨부
다) 신호데이터 연동시험	RTT 분포<500ms(99%) Ping절단시간<5s	적합	RTT 성공률 : 100% Ping 절단시간평균 : 0초
전파수신강도 측정 시험	RSRP -95dBm 이상 (95% 이상)	적합	100%

라) (나) 항목별 검증결과

① LTE-R 음성통신 시험(PTT 통화시험)

마) 자체시험 100회 시험 결과 PTT음성통신이 정상적으로 가능함을 확인하였으며, 통화품질도 DAQ 4.0이상임을 확인하였다.



PTT 음성통화 실측사진(개별통화) PTT 음성통화 실측사진(그룹통화) PTT 영상통화 실측사진

<그림 3-291> 차상단말기 자체검증 PTT 음성/영상통화 실측사진

바)

② 음성호(VoLTE Call) 통화시험

사) 음성호(VoLTE Call) 100회 자체시험 결과 통신이 정상적으로 가능함을 확인하였으며, 통화품질도 DAQ 4.0이상임을 확인하였다.



VoLTE 음성통화 실측사진 VoLTE 영상통화 실측사진

<그림 3-292> 차상단말기 자체검증 VoLTE 음성/영상통화 실측사진

③ 데이터 통신

아) 다운로드 속도 평균 약 48Mbps, 업로드 속도 평균 약 17Mbps 이상으로 「도시철도용 무선

통신 기반 열차제어 시스템 표준체계구축 및 성능평가」 최종보고서 전송속도 최소기준 다운로드 속도 4Mbps, 업로드 속도 3Mbps를 만족하는 성능을 확인하였다.

<표 3-206> 차상단말기 자체시험 데이터 통신 결과값

회 차	다운로드 속도(Mbps)		업로드 속도(Mbps)	
	평균	최소	평균	최소
시험 1	48.326	45.3	17.485	16.5
시험 2	47.295	37.8	17.968	14.3
시험 3	49.252	48.8	17.487	12.3
시험 4	51.487	49.7	17.395	15.7
시험 5	47.658	46.2	16.445	13.6
시험 6	46.597	42.7	17.596	13.5
평균	48.44	45.08	17.40	14.32

④ 무선통화 녹음기능

자) TRCP 핸드셋에서 무선통신방식을 변경하여 통화를 실시, 노트북을 이용하여 VRC(녹음카드부)에서 녹취파일을 로딩 하여 녹음 여부를 확인하였다.




음성통화 녹음 실측사진

<그림 3-293> 차상단말기 자체검증 VoLTE 음성/영상통화 실측사진

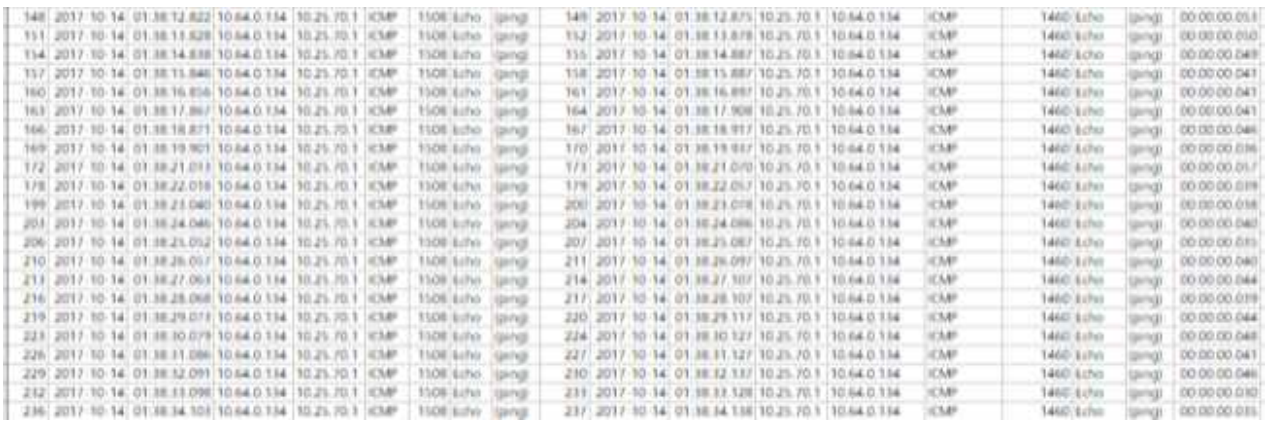
차)

⑤ 신호데이터 연동시험

카) 시험 구간에서 차상단말기와 차상STU간 인터페이스를 통하여 지상STU간 네트워크가 제공됨을 확인 하였다. 신호 발리스가 설치된 구간에서 정상적인 데이터 전송상태 검증 하였다.

<표 3-207> 차상단말기 자체검증 신호데이터 연동시험 결과값

시험항목	측정치			시험결과	시험결과
	RTT평균	RTT성공	PING절단		
차상단말기~차상STU 간 연결 상태(Ping)	1ms미만	100%	0	100%	적합
차상단말기~지상STU 간 데이터 전송 여부	51ms	100%	0	100%	적합



<그림 3-294> 차상단말기 자체검증 신호데이터 측정결과(부분 샘플링

⑥ 전파수신강도 측정시험

타) 자체시험 결과 -95dBm이 평균 100%로 1단계 『도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가』의 전파수신강도 -95dBm을 95%이상 만족하여 성능기준에 적합함을 확인하였다.

구 분	RRU 서비스 간격	시험횟수		기준값	측정값				시험결과
					RSRP (Reference Signal Received Power)			25. ≥ -95dBm 26. 분포율(%)	
		하행	상행	RSRP (dBm)	평균 (dBm)	최대 (dBm)	최소 (dBm)		
개활지	1㎞	2	2	가) -95dBm 나) (95%이상)	-65	-32	-94	100	적합
터널	0.5㎞	2	2		-63	-31	-96	100	적합

다)

제3절. 철도전용 무선통신망(LTE-R) 성능평가

27. 1. 공인시험기관 선정

가. 가. 공인시험기관 비교검토 및 선정

(1) (1) 한국정보통신기술협회(TTA)

나) LTE 관련 챔버시험(Chamber Test) 장비는 보유하고 있으나, 현장시험(Field Test)장비 미보유로 의뢰 시험의 일부분을 외부 전문시험원에 재의뢰하여 시행한다.

(1) (2) 구미전자정보기술원(GERI)

다) LTE-R을 포함한 챔버시험 장비 및 현장시험 장비 등을 보유하고 있으며, 시험노하우 및 기술을 보유한기술자를 다수 보유하고 있다.

<표 3-208> 검증기관 현장조사 및 비교

구 분	한국정보통신기술협회(TTA)	구미전자정보기술원(GERI)
인증자격	- GCF, PTCRB 인증, KOLAS 인증	- NOKIA 네트워크 인증, KOLAS 인증
시험기술	- 시뮬레이션 장비를 활용한 국내 이동통신장비 및 방송장비 등 적합성시험 및 인증 - 계측장비를 통한 망연동시험 시행 - **필드시험은 외부 전문시험원에 의뢰**	- 해외 수출용 및 국외 제조사(NOKIA, 알카텔루슨트, ZTE 등) 단말(2G, 3G, 4G)에 대한 챔버 및 필드시험·인증 시행 - 자체인력 및 자체 계측장비로 망연동시험시행
보유장비	- 테스트용 계측장비(R&S, Ansitus 등)	- 상용이동통신 시험망(LTE-R 포함) - 챔버 및 필드시험 계측장비 보유
적합여부	△	○

나. 나. 공인검증기관 성능검증 추진계획 수립

가) 철도전용 무선통신시스템을 차상 및 지상분야로 구분하여, 개발한 시제품에 대한 350km/h 속도대역에서의 성능검증 추진을 위한 추진계획 수립 및 성능검증 계획을 수립하였다.



<그림 3-295> 300km/h~350km/h LTE-R 성능시험 공인기관 선정 관련 문서

28. 2. 철도전용 무선통신망(LTE-R) 350km/h 속도대역 공인시험기관 성능검증 시행

가. 가. 공인기관 현차시험 검토회의 및 시험절차서 확정

1단계 국가연구개발사업 최종연구보고서(『도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가 최종보고서』), 한국정보통신기술협회 정보통신단체 표준(『LTE 기반 철도통신 기능 요구사항: TTAK.KO-06.0369』,『LTE 기반 철도통신 사용자 요구사항: TTAK.KO-06.0370』) 및 3GPP 표준 『TS36.101 E-UTRA(; User Equipment (UE) radio transmission and reception)』, 『TS36.304 E-UTRA(; User Equipment procedures in idle mode)』,『호남고속철도 열차무선시스템 적용기준』을 기반으로 내·외부(공동기관, 전자통신연구원) 검토회의를 거쳐 현차시험절차서 보완 및 적정성을 도출하였다.

나.



<그림 3-296> 현차시험절차서 검토 회의 개최 알림 문서 및 차상인프라 시험절차서





내부검토회의 지상인프라 시험절차서 검토회의 차상인프라 시험절차서 검토회의

다.

<그림 3-297> 현차시험절차서 검토회의

라.

마. 나. 주요 검증항목 및 성능기준, 관련근거

<표 3-209> 현차시험 결과 합불 기준

구분	항 목	검증기준	관 련 표 준
LTE-R 지상망	주요 구성품 이중화	EPC 강제 장애 발생 시 1초 이내 자동 절체 여부 확인	29.
	RRU 적정간격 (개활지, 터널)	커버러지 이중화 간격 최적화 검증 RSRP ≥-110dBm(98%이상) DU 핸드오버 성공률 >99% RRU 핸드오버 성공률 >99% 핸드오버 성공률 >99% 데이터전송속도 하향 2Mbps, 상향 1Mbps 이상 SINR > -5dB	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서 TTAK.KO-06.0437 TTAK.KO-06.0438 3GPP TS 36.304
	DU간 핸드오버 성공률	핸드오버 성공률 99%이상 간격 검증	TAK.KO-06.0369 TTAK.KO-06.0370 TTAK.KO-06.0438
	RRU간 핸드오버 성공률	핸드오버 성공률 99%이상 간격 검증	TTAK.KO-06.0369 TTAK.KO-06.0370 TTAK.KO-06.0438
	전계강도 측정	RRU 출력 신호 세기 46dBm±2dB 여부 검증	3GPP TS 36.101 6.2.1
	커버리지 측정	커버러지 98% 이상 보장 간격 (RSRP -110dBm 이상, 휴대단말기 기준)	3GPP TS 36.304, 5.1.2.2
	통화설정시간	긴급통화, PTT통화, 각각 통화 시 300ms 이내 여부 검증	TTAK.KO-06.0369 TTAK.KO-06.0370 TTAK.KO-06.0438
	핸드오버 성공률	절체시간 300ms 이내, 99% 이상 여부 검증	
	호 접속 성공률	통화 호 접속 성공률 99% 이상 여부 검증	
	장시간 접속 절단율	장시간 통화를 하면서 시간당 0.01회 이하의 절단율 여부 검증	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서 TTAK.KO-06.0369 TTAK.KO-06.0370
	데이터 전송 성공률	LTE-R 커버리지 내에서 데이터 전송 성공률 99% 이상 보장 여부 검증	TTAK.KO-06.0369 TTAK.KO-06.0370 TTAK.KO-06.0438
	데이터 전송 지연시간	단말간 데이터 전송 지연시간 300ms 이내 여부 검증	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서 TTAK.KO-06.0438

구분	항 목	검증기준	관 련 표 준
	연속패킷 절단시간	연속 데이터 패킷 전송 시 절단시간 5,000ms 이내 여부 검증	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서
	데이터 전송률	동적 : (DL) 2Mbps, (UL) 1Mbps 이상 정적 : (DL) 3Mbps, (UL) 2Mbps 이상	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서
	신호 대 간섭 및 잡음비	상/하양 링크 SINR -5dB 이상 여부 검증	3GPP TR 36.942, Annex A
차상 단말기	PTT 그룹 음성통화	DAQ 4.0 이상	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서
	VoLTE Call 음성 통화	DAQ 4.0 이상	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서
	데이터 통신	DL / UL 평균속도 동적 : (DL) 4Mbps, (UL) 3Mbps 이상	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서
	절환지점 데이터 업로드	자동전환지점 데이터 업로드 확인	30.
	무선통화 녹음	녹음, 외부 인출 및 재생	31.
	신호데이터 연동	RTT 분포<500ms(99%) Ping절단시간<5s	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서
	전파수신강도 측정	95% 이상 (RSRP -95dBm 이상)	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서
휴대단말기	비행기 모드 설정시 동작	비행기 모드 아이콘(✈) 확인	32.
	USIM 종류에 다른 단말기 동작	Antenna Bar 확인	33.
	DATA PDN 연결 동작 확인	IP주소 확인	34.
	IMS PDN 연결 동작 확인	호 연결 확인	35.
	대기상태에서 No-Service 지역 이동시 동작	Antenna Bar 확인	36.
	통화상태에서 No-Service 지역 이동시 동작	Antenna Bar 확인	
	No-Service에서 In-Service 지역 이동시 동작	Antenna Bar 확인	
	음성 호 착·발신 동작	착신 성공률 99%, 발신 성공률 99% 이상	TTAK.KO-06.0438
	영상 호 착·발신 동작	착신 성공률 99%, 발신 성공률 99% 이상	TTAK.KO-06.0438
	발신 측에서의 음성, 영상 호 해제 동작	발신 측 정상 호 종료	TTAK.KO-06.0438
	수신 측에서의 음성, 영상 호 해제 동작	수신 측 정상 호 종료	TTAK.KO-06.0438
	음성·영상호 연결 상태에서 장시간 동작	10분 이상 호 유지	TTAK.KO-06.0438
	Downlink Data Throughput 확인	5회 측정값으로 평균산출 (최소 정적 3Mbps, 동적 2Mbps 이상)	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서
	Uplink Data Throughput 확인	5회 측정값으로 평균산출 (최소 정적 2Mbps, 동적 1Mbps 이상)	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서

구분	항 목	검증기준	관 련 표 준
	PTT 연동 시험(음성 그룹통화)	통화설정 300ms 이내, 성공률 99% 이상	TTAK.KO-06.0438
	PTT 연동 시험(영상 그룹통화)	영상통화 수신 확인	TTAK.KO-06.0438
	PTT 긴급통화	통화설정 300ms 이내, 성공률 99% 이상	TTAK.KO-06.0438
	전파수신강도 측정	RSRP ≧ -110dBm, 98% 이상	TTAK.KO-06.0437 도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서
Qos 시스템	네트워크 등록시간 측정	측정평균 500ms 미만	도시철도 국가R&D 성능평가 최종 보고서 3GPP Technical Specification 23.203, 23.212, 24.214
	음성서비스 제어	음성서비스 제어에 대한 Qos 정책 결정	3GPP Technical Specification 23.203, 23.212, 24.214
	영상서비스 제어	영상서비스 제어에 대한 Qos 정책 결정	
	열차제어정보 제어	열차제어정보에 대한 Qos 정책 결정	
상호연동시스템	LTE-R ↔ VHF 단말간 상호연동 음성통화	통화성공, DAQ 4.0이상	TTAE.ET-EN 300 392-2-2 경부고속선, 호남고속선 설계기준
	ASTRO 지령장치 ↔ LTE-R, ASTRO 단말간 상호연동 음성통화	통화성공, DAQ 4.0이상	
	LTE-R ↔ ASTRO 단말간 상호연동 음성통화	통화성공, DAQ 4.0이상	
	TETRA 지령장치 ↔ LTE-R, TETRA 단말간 상호연동 음성통화	통화성공, DAQ 4.0이상	
	LTE-R ↔ TETRA 단말간 상호연동 음성통화	통화성공, DAQ 4.0이상	
	LTE-R 지령장치 ↔ LTE-R, ASTRO, TETRA 단말간 상호연동 음성통화	통화성공, DAQ 4.0이상	
	LTE-R ↔ VHF, ASTRO, TETRA 단말간 상호연동 음성통화	통화성공, DAQ 4.0이상	
	음성통화 녹음 및 재생	녹음파일 재생 여부	37.
	LTE-R과 VHF 접속상태	호 접속 상태 확인	38.
	LTE-R과 ASTRO 접속상태	호 접속 상태 확인	39.
	LTE-R과 TETRA 접속상태	호 접속 상태 확인	40.

바.

가.

나.

다.

라. 다. 무선통신망(LTE-R) 350km/h 속도대역 공인시험기관 성능검증 개요

(1) (1) 성능검증 개요

(2) 350km/h 속도대역 고속운행 환경에서 철도전용 무선통신망(LTE-R) 지상인프라, 차상인프라의 전반적인 무선통신 품질 및 신뢰성 확보를 위하여 제 3자 기관(공인인증기관)을 통한 인증서 획득

① 검증품목 : LTE-R지상망, Qos제어시스템, 상호연동시스템, 차상단말기, 휴대단말기

② 검증기간 : 2017. 8. 20. ~ 10. 31.

③ 검증장소 : (동적)HEMU-430X 시험열차 내(350km/h급) / (정적)LTE-R 정읍시험센터

④ 검증구간 : 호남고속선 익산~정읍 구간 (총 34.3km, 노령터널 4.3km 포함)

- 개활지 구간 : 익산~정읍 28㎞ (오기105.000 ~ 133.000㎞)
- 터널 구간 : 노령터널 6.3㎞ (오기142.380 ~ 148.680㎞)

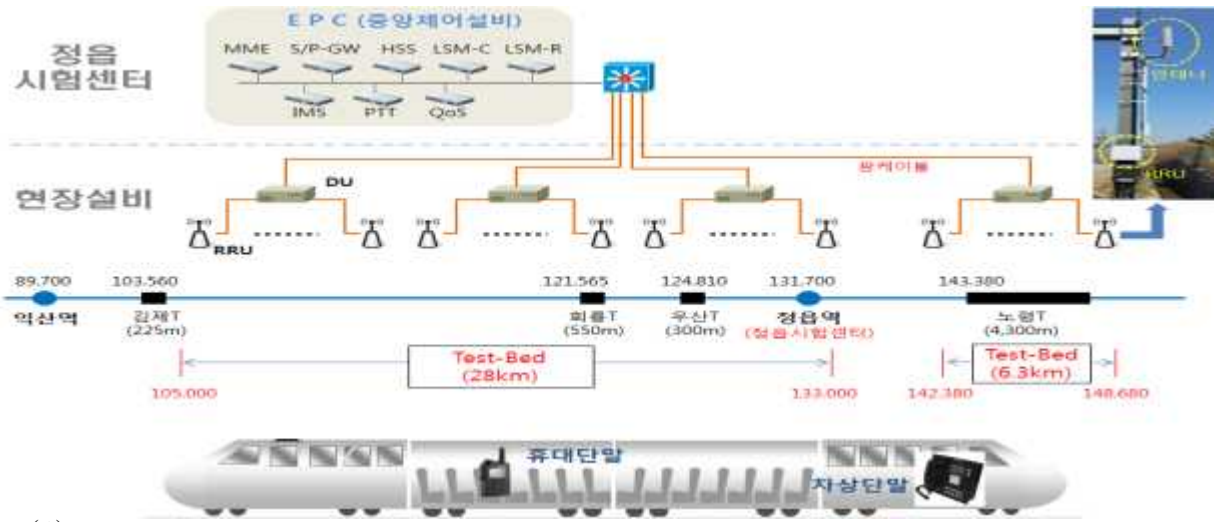
⑤ 검증기관 : 구미전자정보기술원(GERI)

⑥ 검증항목 : 핸드오버 등 총 55개 항목

⑦ 검증방법 : HEMU-430X 고속차량 현차시험 및 절차서를 통한 측정 데이터의 검증기준 합불 적용

(3) (2) 성능검증 망 구성도

① 구성도



(4)

(5)

(6)

② 주요설비 구성현황

구분	주요공정	단위	수량	비고
정읍 시험센터	중앙제어설비 (EPC)	식	1	MME, S/P-GW, HSS, LSM-C, LSM-R, IMS, PTT, QoS, 지령대 등
현장설비 (선로변)	DU	대	4	감곡구분소 : 2대 정읍센터 : 1대 노령신호실 : 1대
	RRU (안테나 포함)	개소	40	개활지 : 28대 터널 : 12대
	광케이블	km	34.3	
	전원케이블	km	28	
	접지케이블	km	5	

- 안테나 높이 : 개활지 선로변 전철주 바닥기준 4.3~9M, 터널 공동관로 상부기준 2M

41. 3. 철도전용 무선통신망(LTE-R) 공인시험기관 검증결과(총괄)

가. 가. LTE-R 지상인프라, 차상인프라 공인시험기관 검증결과 총괄표

장치	순번	검증데이터 항목	시험결과	판정기준	비고
지상 인프라 (EPC, DU, RRU)	1	주요 구성품 이중화	적 합 (정상, 호연결 유지)	장애시 1초이내 자동절체, 호연결 유지	구미전자 정보기술원 (시험기관)
	2	RRU 적정간격 (개활지, 터널)	적 합 (개활지 0.5㎞, / 터널 0.5㎞)	커버리지 이중화	
	3	DU간 핸드오버	적 합 (RRU간격 1, 2, 3km)	99% 이상	
	4	RRU간 핸드오버	적 합 (개활지 RRU간격 1, 2km) (터널 RRU간격 0.5, 1, 1.5, 2km)	99% 이상	
	5	전계강도 측정	적 합 (45.5~45.7dBm)	44~48dBm	
	6	커버리지 측정	적 합 (개활지 RRU간격 1km) (터널 RRU간격 0.5, 1km)	98% 이상 (RSRP -110dBm 이상)	
	7	통화설정시간	적합 (긴급 32ms, PTT 31ms)	긴급, PTT 통화시 300ms 이내	
	8	핸드오버 성공율	적 합 (개활지 RRU간격 1, 2km) (터널 RRU간격 0.5, 1, 1.5, 2km)	절체시간 300ms 이내, 99% 이상	
	9	호접속 성공율	적 합(100%)	99% 이상	
	10	장시간 접속 절단율	적 합 (0회)	시간당 0.01회 이하	
	11	데이터전송 성공율	적 합(100%)	99% 이상	
	12	데이터전송 지연시간	적 합적 합(27ms)	300ms 이하	
	13	연속패킷 절단시간	적 합(최대 2.5초)	전송절단시간 5s 이내	
	14	데이터 전송률	적 합 평균(DL : 28Mbps, UL : 11Mbps) 최소(DL : 7Mbps, UL : 1.3Mbps)	동적 : (DL) 2Mbps, (UL) 1Mbps 이상 / 정적 : (DL) 3Mbps, (UL) 2Mbps 이상	
	15	신호 대 간섭 및 잡음비	적 합	상/하양 링크 SINR -5dB 이상	
차상 단말기	16	PTT 그룹 음성통화	적합(DAQ 4.5)	DAQ 4.0 이상	
	17	VoLTE Call 음성 통화	적합(DAQ 5)	DAQ 4.0 이상	
	18	데이터 통신	DL : 45.23Mbps UL : 17.29Mbps	DL / UL 평균속도	
	19	절환지점 데이터 업로드	적 합	자동전환지점 데이터 업로드 확인	
	20	무선통화 녹음	적 합	녹음, 외부 인출 및 재생	
	21	신호데이터 연동	적합(100%, 0s)	RTT 분포<500ms(99%) Ping절단시간<5s	
	22	전파수신강도 측정	적 합(99.8%)	95% 이상 (RSRP -95dBm 이상)	

나.

다.

장치	순번	검증데이터 항목	시험결과	판정기준	비고
휴대단말기	23	비행기 모드 설정시 동작	적 합	비행기 모드 아이콘(✈) 확인	구미전자정보기술원(시험기관)
	24	USIM 종류에 다른 단말기 동작	적 합	Antenna Bar 확인	
	25	DATA PDN 연결 동작 확인	적 합	IP주소 확인	
	26	IMS PDN 연결 동작 확인	적 합	호 연결 확인	
	27	대기상태에서 No-Service 지역 이동시 동작	적 합	Antenna Bar 확인	
	28	통화상태에서 No-Service 지역 이동시 동작	적 합	Antenna Bar 확인	
	29	No-Service에서 In-Service 지역 이동시 동작	적합	Antenna Bar 확인	
	30	음성 호 착·발신 동작	적 합(정적, 동적 100%)	착신 성공률 99%, 발신 성공률 99% 이상	
	31	영상 호 착·발신 동작	적 합(정적, 동적 100%)	착신 성공률 99%, 발신 성공률 99% 이상	
	32	발신 측에서의 음성, 영상 호 해제 동작	적 합(정적, 동적 100%)	발신 측 정상 호 종료	
	33	수신 측에서의 음성, 영상 호 해제 동작	적 합(정적, 동적 100%)	수신 측 정상 호 종료	
	34	음성·영상호 연결 상태에서 장시간 동작	적 합	10분 이상 호 유지	
	35	Downlink Data Throughput 확인	적합 동적 31.64Mbps(최소 4Mbps) 정적 34.47Mbps(최소 31Mbps)	5회 측정값으로 평균산출	
	36	Uplink Data Throughput 확인	적합 동적 12.7Mbps(최소 1.2Mbps) 정적 22.4Mbps(최소 18.4Mbps)	5회 측정값으로 평균산출	
	37	PTT 연동 시험(음성 그룹통화)	적 합 (동적31ms , 정적25ms)	통화설정 300ms 이내, 성공률 99% 이상	
	38	PTT 연동 시험(영상 그룹통화)	적합	영상통화 수신 확인	
	39	PTT 긴급통화	적합	통화설정 300ms 이내, 성공률 99% 이상	
	40	전파수신강도 측정	적합(99.7%)	RSRP ≧ -110dBm, 98% 이상	
Qos 시스템	41	네트워크 등록시간 측정	적합 (정적 : 379ms 동적 : 426ms)	측정평균 500ms 미만	
	42	음성서비스 제어	적합 (정적 , 동적 100%)	음성서비스 제어에 대한 Qos 정책 결정	
	43	영상서비스 제어	적합 (정적, 동적 100%)	영상서비스 제어에 대한 Qos 정책 결정	
	44	열차제어정보 제어	적합 (QoS정책 분배 확인)	열차제어정보에 대한 Qos 정책 결정	
라. 상호연동시스템	45	LTE-R ↔ VHF 단말간 상호연동 음성통화	적합(DAQ 5)	통화성공, DAQ 4.0이상	
	46	ASTRO 지령장치 ↔ LTE-R, ASTRO 단말간 상호연동 음성통화	적합(DAQ 4.5이상)	통화성공, DAQ 4.0이상	
	47	LTE-R ↔ ASTRO 단말간 상호연동 음성통화	적합(DAQ 4.5이상)	통화성공, DAQ 4.0이상	
	48	TETRA 지령장치 ↔ LTE-R, TETRA 단말간 상호연동 음성통화	적합(DAQ 4.5이상)	통화성공, DAQ 4.0이상	
	49	LTE-R ↔ TETRA 단말간 상호연동 음성통화	적합(DAQ 4.5이상)	통화성공, DAQ 4.0이상	
	50	LTE-R 지령장치 ↔ LTE-R, ASTRO, TETRA 단말간 상호연동 음성통화	적합(DAQ 4.5이상)	통화성공, DAQ 4.0이상	
	51	LTE-R ↔ VHF, ASTRO, TETRA 단말간 상호연동 음성통화	적합(DAQ 4.5이상)	통화성공, DAQ 4.0이상	
	52	음성통화 녹음 및 재생	적합	녹음파일 재생 여부	
	53	LTE-R과 VHF 접속상태	적합	호 접속 상태 확인	
	54	LTE-R과 ASTRO 접속상태	적합	호 접속 상태 확인	
	55	LTE-R과 TETRA 접속상태	적합	호 접속 상태 확인	

마. 나. 공인시험기관 시험성적서 획득

바.



<그림 3-298> 지상인프라 공인검증기관 시험성적서 획득(지상인프라, Qos시스템)

사.

아.



<그림 3-299> 차상인프라 공인검증기관 시험성적서 획득(상호연동시스템, 휴대단말기, 차상단말기)

자.

차. 다. 공인시험기관 성능검증 현차시험







카. 350km/h대역 운행 지상인프라, 차상인프라 현차시험

<그림 3-300> 지상, 차상인프라 공인검증기관 성능시험 현차시험

42. 4. 개별 품목별 공인시험기관 검증결과

가. 가. LTE-R 지상망 검증결과

(1) (1) 시험환경

나.

시험장소	(정적) LTE-R 정읍센터 내				
	(동적) HEMU-430X 객차(350km/h)				
시험기간	2017년 8월 19일 ~ 2017년 11월 30일				
	일자	시간	날씨	온도(℃)	시험항목
시험환경 (기준: 정읍)	2017.08.20.	00:35~05:31	비	26.4	4km(개), 2Km(터) 간격
	2017.08.21.	00:05~05:00	비	25.3	4km(개), 2Km(터) 간격
	2017.08.27.	00:35~04:45	구름조금	23.1	1km(개), 0.5Km(터) 간격
	2017.09.09.	00:35~05:31	구름조금	22.5	3km(개), 1.5Km(터) 간격
	2017.09.10.	00:05~03:41	비	23.6	1km(개), 0.5Km(터) 간격 2km(개), 1Km(터) 간격
	2017.09.11.	00:06~04:40	비	19.5	1km(개), 0.5Km(터) 간격 2km(개), 1Km(터) 간격 1.5Km(터) 간격
	2017.09.17.	00:35~05:31	구름조금	20.7	3km(개), 1.5Km(터) 간격
	2017.09.18.	00:05~03:41	구름조금	20.8	1km(개), 0.5Km(터) 간격
	2017.09.20.	09:00~18:00	구름조금	19.8	주요 구성품 이중화
	2017.10.30.	09:00~18:00	구름조금	7.5	정적 시험
	2017.10.31.	09:00~18:00	구름조금	8.1	정적 시험

다.

(1) (2) LTE-R 지상망 검증결과

① 검증결과 종합

장치	순번	검증데이터 항목	시험결과	판정기준	비고
지상 인프라 (EPC, DU, RRU)	1	주요 구성품 이중화	적 합 (정상, 호연결 유지)	장애시 1초이내 자동절체, 호연결 유지	구미전자 정보기술원 (시험기관)
	2	RRU 적정간격 (개활지, 터널)	적 합 (개활지 0.5㎞, / 터널 0.5㎞)	커버리지 이중화	
	3	DU간 핸드오버	적 합 (RRU간격 1, 2, 3km)	99% 이상	
	4	RRU간 핸드오버	적 합 (개활지 RRU간격 1, 2km) (터널 RRU간격 0.5, 1, 1.5, 2km)	99% 이상	
	5	전계강도 측정	적 합 (45.5~45.7dBm)	44~48dBm	
	6	커버리지 측정	적 합 (개활지 RRU간격 1km) (터널 RRU간격 0.5, 1km)	98% 이상 (RSRP -110dBm 이상)	
	7	통화설정시간	적합 (긴급 32ms, PTT 31ms)	긴급, PTT 통화시 300ms 이내	
	8	핸드오버 성공율	적 합 (개활지 RRU간격 1, 2km) (터널 RRU간격 0.5, 1, 1.5, 2km)	절체시간 300ms 이내, 99% 이상	
	9	호접속 성공율	적 합(100%)	99% 이상	
	10	장시간 접속 절단율	적 합 (0회)	시간당 0.01회 이하	
	11	데이터전송 성공율	적 합(100%)	99% 이상	
	12	데이터전송 지연시간	적 합(27ms)	300ms 이하	
	13	연속패킷 절단시간	적 합(최대 2.5초)	전송절단시간 5s 이내	
	14	데이터 전송률	적 합 평균(DL : 28Mbps, UL : 11Mbps) 최소(DL : 7Mbps, UL : 1.3Mbps)	동적 : (DL) 2Mbps, (UL) 1Mbps 이상 / 정적 : (DL) 3Mbps, (UL) 2Mbps 이상	
	15	신호 대 간섭 및 잡음비	적 합	상/하향 링크 SINR -5dB 이상	

라.

② 주요 검증결과 분석

43. ㅁ 개활지 구간 성능 비교

44.

구분 (기준)	RRU 간격	RSRP (-110 dBm 이내 98%)	DU간 핸드오버 성공률 (99% 이상)	RRU간 핸드오버 성공률 (99% 이상)	핸드오버 성공률 (99% 이상, 300ms 이내)	데이터 속도 (하향속도 2Mbps, 상향속도 1Mbps 이상)	SINR (-5dBm 이내 98% 이상)	시험결과	비고
개활지	1.0km	100%	100%	100%	100%	33.16Mbps	100%	적합	
					20ms	12.22Mbps			
		100%	100%	100%	100%	22.20Mbps	100%		
					21ms	10.55Mbps			
		100%	100%	100%	100%	20.07Mbps	99.67%		
					15ms	11.01Mbps			
		100%	100%	100%	100%	32.26Mbps	99.68%		
					33ms	10.66Mbps			
		100%	100%	100%	100%	33.70Mbps	99.69%		
					22ms	11.33Mbps			
	2.0km	71.7%	100%	100%	100%	16.48Mbps	98.5%	부적합	
					28ms	8.44Mbps			
		69.6%	100%	100%	100%	16.91Mbps	98.8%		
					24ms	9.99Mbps			
	3.0km	48.5%	100%	50%	50%	12.10Mbps	95.9%	부적합	
					24ms	5.27Mbps			
		48.1%	100%	50%	50%	10.26Mbps	92.1%		
					24ms	5.43Mbps			
	4.0km	42.2%	0%	33.3%	33.3%	6.92Mbps	87.1%	부적합	
					25ms	2.03Mbps			
		46.9%	50%	50%	50%	10.15Mbps	91.9%		
					21ms	2.26Mbps			

- 익산~정읍간 개활지 구간에서 350km/h 고속이동 시, RRU간 간격 1km에서는 모든 시험 항목에서 성능 조건을 만족시킴
- RRU간 간격 2km에서는 대부분의 시험 항목의 성능 조건을 만족시켰으나, 커버리지(RSRP≥-110dBm인 구간 98%이상) 항목에 대해서는 만족시키지 못하여, 망의

안정성 측면에서 검토 필요함

- 개활지 RRU 간격 2km 커버리지 측정 데이터(raw) 분석 결과(아래 참조)두 기지국 사이 구간에서 RSRP≥-110dBm를 만족하는 거리는 평균 1,351m로 커버리지 이중화를 고려하였을 때 350km/h 이동속도에서 적정 RRU 간격은 약 680m임이 도출됨.
- 250km/h 대비 350km/h에서 RRU 적정간격이 줄어든 것은, LTE 스펙의 최대 이동성 보장 속도인 350km/h에 근접함에 따른 수신기 성능 열화 및 HEMU-430X 차량 전파투과손실 등으로 인하여 RSRP값이 250km/h 대비 낮은 것으로 유추됨.

45. □ 터널 구간 성능 비교

46.

구분 (기준)	RRU 간격	RSRP (-110 dBm 이내 98%)	DU간 핸드오버 성공률 (99% 이상)	RRU간 핸드오버 성공률 (99% 이상)	핸드오버 성공률 (99% 이상, 300ms 이내)	데이터 속도 (DL 2Mbps, UL 1Mbps 이상)	SINR (-5dBm 이내 98%)	시험결과	비고
터널	0.5km	100%	-	100%	100%	40.83Mbps	100%	적합	
					41ms	8.99Mbps			
		100%		100%	100%	20.66Mbps	100%		
					20ms	14.14Mbps			
		100%		100%	100%	19.27Mbps	98.8%		
					24ms	13.54Mbps			
		100%		100%	100%	20.89Mbps	100%		
					28ms	12.59Mbps			
		100%		100%	100%	39.14Mbps	100%		
					16ms	13.98Mbps			
	1.0km	100%	-	100%	100%	23.69Mbps	100%	적합	
					23ms	12.37Mbps			
		98.9%		100%	100%	22.84Mbps	100%		
					24ms	13.43Mbps			
	1.5km	98.1%	-	100%	100%	37.89Mbps	100%	부적합	
					16ms	7.85Mbps			
		95.4%		100%	100%	38.55Mbps	100%		
					22ms	6.88Mbps			
	2.0km	85.4%	-	100%	100%	19.49Mbps	100%	부적합	
					23ms	11.60Mbps			
		95.5%		100%	100%	35.52Mbps	100%		
					31ms	14.57Mbps			

- 정읍~광주송정 구간 노령터널에서는 터널 내 RRU 간격 1km 까지는 모든 시험항목의 성능 조건을 만족시킴.
- 터널 RRU 간격 1.5km 간격에서는 대부분 시험항목의 성능 조건을 만족시켰으나, 커버리지(RSRP≥-110dBm인 구간 98%이상) 항목에 대해서는 2회 측정 중 1회만 적합으로 확인되어 커버리지 이중화 고려시 망의 안정`성 측면에서 RRU 적정간격 검토 필요하며, 추가로 환경적인 요인이 의한 전파손실이 발생되는 터널 입·출구를 제외한 구간(터널 내부 HN-33~HN37)의 RRU 간격 2km 커버리지 측정 결과에 따르면, 두 기지국 사이 구간에서 RSRP≥-110dBm를 만족하는 거리는 최소 1,552m에서 최대 1,925m로 커버리지 이중화를 고려하였을 때 적정 RRU 간격은 약 790~980m 정도로 판단됨.

□ 350km/h 측정 결과에 대해 HEMU-430X 전파투과손실 예측값 보정 시 개활지 RRU 간격 2km에서 RSRP≥-110dBm를 만족하는 구간은 약 97%임. 전파투과손실이 상대적으로 작은 KTX-산천 차량 운행을 가정하면, 개활지 구간 적정 RRU 간격은 커버리지 이중화를 고려했을 때 약 970m임이 도출됨. 터널의 경우 전파투과손실 보정 시 250km/h 결과와 동일하게 RRU 간격 2km까지 “적합” 함을 확인할 수 있으나 차량의 전파투과손실에 대한 예측값을 적용한 것으로 향후 도입되는 차량의 전파투과손실 측정과 특성을 고려하여 망 구축 필요

가)

(1) (3) 속도대역별 주요 검증데이터 비교검토

No.	세부항목	성능 기준	250km/h속도 (KTX) 자체시험	300km/h속도 (HEMU-430X) 자체시험	350km/h속도 (HEMU-430X) 공인기관 검증
F	커버리지 측정	시간 공간적으로 연속적이며, RSRP≥-110dBm인 구간 98% 이상 보장(선로 기준, 휴대단말기 기준)	100%	99.87%	100%
N	데이터 전송률	동적 : 하향 2Mbps, 상향 1Mbps 이상 정적 : 하향 3Mbps, 상향 2Mbps 이상 데이터 전송률 보장 여부 검증	<동적> 하향 41.39Mbps 상향 17.57Mbps <정적> N/A	<동적> 하향 38.28Mbps 상향 11.44Mbps <정적> N/A	<동적> 하향 28.28Mbps 상향 11.15Mbps <정적> 하향 51.17Mbps 상향 17.04Mbps
O	신호 대 간섭 및 잡음비 (SINR)	상/하향 링크 SINR -5dB 이상 여부 검증	적합	적합	적합

(2)

나. 성능검증 결과 개활지, 터널 RRU간격 1Km에서 LTE-R 지상망의 무선통신 품질이 최적화 상태로 도출되어 RRU간격 1km 기준의 250km/h, 300km/h, 350km/h 속도대역 데이터 검토결과 무선 커버리지 RSRP≥-110dBm인 구간 98% 이상(이동중인 열차내 휴대국 기준) 보장지역 에서는 모든 성능품질을 만족하는 것으로 도출되었으나, LTE 스펙의 최대 이동성 보장 속도인 350km/h에 근접함에 따른 수신기 성능 열화 및 시험차량(KTX, HEMU-430X)의 전파투과 손실 특성에 따라 데이터 전송속도가 250km/h 대비 낮은 것으로 유추됨.

다.

라. 나. 상호연동시스템 검증결과

(1) (1) 시험환경

마.

시험장소	HEMU-430X 객차, 운전실(350km/h)				
시험기간	2017 년 09 월 21 일 ~ 2017 년 9 월 30 일				
	검증기관	일자	시간	날씨	온도(℃)
시험환경 (기준: 정읍)	구미전자정보 기술원	2017. 09. 21.	00:00 ~ 05:00	구름조금	18
		2017. 09. 29.	00:00 ~ 05:00	구름조금	15.5
		2017. 09. 30.	00:00 ~ 05:00	구름조금	17.5

(1) (2) 상호연동시스템 검증결과

① 검증결과 종합

장치	순번	검증데이터 항목	시험결과	판정기준	비고
지상 인프라 (EPC, DU, RRU)	1	45	LTE-R ↔ VHF 단말간 상호연동 음성통화	적합(DAQ 5)	구미전자 정보기술원 (시험기관)
	2	46	ASTRO 지령장치 ↔ LTE-R, ASTRO 단말간 상호연동 음성통화	적합(DAQ 4.5이상)	
	3	47	LTE-R ↔ ASTRO 단말간 상호연동 음성통화	적합(DAQ 4.5이상)	
	4	48	TETRA 지령장치 ↔ LTE-R, TETRA 단말간 상호연동 음성통화	적합(DAQ 4.5이상)	
	5	49	LTE-R ↔ TETRA 단말간 상호연동 음성통화	적합(DAQ 4.5이상)	
	6	50	LTE-R 지령장치 ↔ LTE-R, ASTRO, TETRA 단말간 상호연동 음성통화	적합(DAQ 4.5이상)	
	7	51	LTE-R ↔ VHF, ASTRO, TETRA 단말간 상호연동 음성통화	적합(DAQ 4.5이상)	
	8	52	음성통화 녹음 및 재생	적합	
	9	53	LTE-R과 VHF 접속상태	적합	
	10	54	LTE-R과 ASTRO 접속상태	적합	
	11	55	LTE-R과 TETRA 접속상태	적합	

바.

사.

② 주요 검증결과 분석

47. □ 상호연동 터미널, 지령장치을 통하여 LTE-R ↔ VHF, ASTRO, TETRA간 상호연동통화 및 통화품질 확인결과 350km/h 속도대역에서도 DAQ 4.0 이상 적합으로 검증되었으며, 상호 음성통화는 안정적인 서비스를 제공하는 것으로 검증

48. □ 상호연동 음성통화가 녹음 및 재생 가능여부, LTE-R ↔ VHF, ASTRO, TETRA간 호 접속상태 확인결과 모두 정상동작으로 검증되었으며, 상호연동시스템의 기능적인 측면에서 안정적인 서비스를 제공하는 것으로 검증

49.

(1) (3) 속도대역별 검증데이터 비교검토

No.	시험 항목	DAQ측정결과		
		250km/h속도 KTX 자체시험	300km/h속도 HEMU-430X 자체시험	350km/h속도 HEMU-430X 공인기관 검증
1	LTE-R과 상호연동 터미널을 통한 VHF 음성 통화	적합(4.0)	적합(4.0)	적합(5)
2	ASTRO 상호연동 지령장치와 LTE-R, ASTRO 음성통화	적합(4.0)	적합(4.0)	적합(4.5)
3	LTE-R과 상호연동 터미널을 통한 ASTRO 음성 통화	적합(4.0)	적합(4.0)	적합(4.5)
4	TETRA 상호연동 지령장치와 LTE-R, TETRA 음성통화	적합(4.0)	적합(4.0)	적합(4.5)
5	LTE-R과 상호연동 터미널을 통한 TETRA 음성 통화	적합(4.0)	적합(4.0)	적합(4.5)
6	LTE-R 상호연동 지령장치와 LTE-R, ASTRO, TETRA 음성 통화	적합(4.0)	적합(4.0)	적합(4.5)
7	LTE-R과 상호연동 터미널을 통한 VHF, ASTRO, TETRA 음성 통화	적합(4.0)	적합(4.0)	적합(4.5)
8	음성통화 녹음 및 재생	대상아님	대상아님	대상아님
9	LTE-R과 VHF 간 호 접속상태 확인 (상호연동시스템, VHF 터미널 확인)			
10	LTE-R과 ASTRO 간 호 접속상태 확인 (상호연동시스템, ASTRO 시스템 확인)			
11	LTE-R과 TETRA 간 호 접속상태 확인 (상호연동시스템, TETRA 시스템 확인)			

(2)

(3) 350km/h 속도대역 성능검증을 위해 17년 3월부터 10월까지 자체 첨승 10회 및 공인기관검증 3회 측정결과 음성품질은 ITU(국제전기통신연합)에서 규정한 DAQ4.0 이상을 확보하여 “적합” 판정으로 본 상호연동시스템 시험절차서에 의한 평가결과는 모든 성능을 만족하였다.

DAQ음성품질의 경우, 250km/h급, 300km/h급, 350km/h급 속도에서 음성품질 측정치가 상이하다. 이는 DAQ음성품질 측정 방법의 경우 주관적인 판단요소로 음성품질을 판단하기 때문에 개인차에 의해 결과가 다를 수 있다. 그러나, 자체시험, 공인시험기관 검증자 모두 DAQ 4.0(“음이 쉽게 이해된다. 잡음과 왜곡이 적다”)이상의 결과로 판단함에 주관적인 판단에 따른 오류를 보완하여 시험결과의 신뢰성을 높였다.

나. 다. QoS 제어시스템 공인시험 검증결과

(1) (1) 시험환경

시험장소		(정적) LTE-R 정읍센터 내			
		(동적) HEMU-430X 운전실(350km)			
시험일시		2017년 09월 11일 ~ 2017년 10월 31일			
시험환경		검증기관	일자	날씨	온도(°C)
		구미전자정보기술원	2017. 09. 11.	비	19.5
			2017. 09. 17.	구름조금	20.7
			2017. 09. 18.	구름조금	20.8
			2017. 09. 21.	구름조금	18.0
			2017. 09. 25.	구름조금	22.2
			2017. 09. 29.	구름조금	15.5
			2017. 09. 30.	구름조금	17.5
			2017. 10. 14.	구름조금	14.0
			2017. 10. 15.	비	14.2
			2017. 10. 16.	구름조금	15.4
			2017. 10. 30.	구름조금	7.5
			2017. 10. 31.	구름조금	8.1

(2)

(3)

(4) (2) QoS 제어시스템 검증결과

① 검증결과 종합

장치	순번	검증데이터 항목	시험결과	판정기준	비고
50. QoS 제어시스템	1	네트워크 등록시간 측정	적합 (정적 : 379ms 동적 : 426ms)	측정평균 500ms 미만	구미전자정보기술원(시험기관)
	2	음성서비스 제어	적합 (정적 , 동적 100%)	음성서비스 제어에 대한 Qos 정책 결정	
	3	영상서비스 제어	적합 (정적, 동적 100%)	영상서비스 제어에 대한 Qos 정책 결정	
	4	열차제어정보 제어	적합 (QoS정책 분배 확인)	열차제어정보에 대한 Qos 정책 결정	

다.

가.

② 주요 검증결과 분석

51. □ 네트워크 등록시간 시험은 정적시험, 동적시험 모두 등록시간 기준 범위(평균 500ms이내)에 등록되는 것을 검증하였고, 고속운행에서도 QoS제어시스템은 안정적인 네트워크 등록이 제공하는 것으로 분석됨.

52. □ 정적시험과 동적시험을 통하여 음성서비스(Audio) 정책(Charging- Rule-Name : AUDIO(‘1’)), 영상서비스(Video, Audio) 정책(Charging-Rule-Name : VIDEO(‘2’) 이 100%로 반영됨을 확인하였으며, 열차 제어를 위해 바이탈 데이터 처리에 사용되는 ATP 정책

(Charging- Rule-Name : ATP('65'))이 적용되는 것을 검증하였음.

53.

(1) (3) 속도대역별 검증데이터 비교검토

시험항목	250km/h		350km/h	
	정적	동적	정적	동적
네트워크 등록시간 측정시험	평균 414 ms	-	평균 379 ms	평균 426 ms
음성서비스 제어시험	-	-	적합	적합
영상서비스 제어시험	-	-	적합	적합
열차제어정보 제어시험	-	-	적합	적합

54.

55. □ 250km/h급 속도 시험에서는 네트워크 등록시간 측정시험을 수행했으며, 휴대 및 차상 단말이 LTE-R 망에 접속하여 LTE 데이터 통신 및 IMS 음성/데이터 서비스를 받기 위해 기본 베어러(Default Bearer) 생성을 위한 QoS 정책이 제공됨을 확인하였다.

56. □ HEMU-430X를 이용한 350km/h급 속도 시험을 통하여 네트워크 등록시간 시험을 실시하였다. 정적, 동적시험 모두 네트워크 등록시간 평균이 500ms이내로 성능기준에 만족함을 확인하였다. 또한, 350km/h급 속도 시험에서는 네트워크 등록시간 측정시험 뿐만 아니라 음성서비스제어, 영상서비스제어, 열차제어정보 제어시험을 추가로 수행하였다. 시험결과 정적시험, 동적시험 총 8개 시험항목 중 8개 모두 "적합"으로 판정되었다. 이를 통하여 음성, 영상, 열차제어 서비스를 위한 QoS정책이 반영됨을 확인하였으며, QoS제어 시스템의 기능이 정상적으로 수행됨을 확인할 수 있었다.

57.

가. 라. 휴대단말기 검증결과

(1) (1) 시험환경

(2)

시험장소	(정적) LTE-R 정읍시험센터 내				
	(동적) HEMU-430X 객차(350km/h급)				
시험기간	2017 년 09 월 24 일 ~ 2017 년 10 월 31 일				
	구분	일자	시간	날씨	온도(℃)
시험환경 (기준: 정읍)	동적	2017. 09. 24.	00:05 ~ 03:41	구름조금	22.2
	동적	2017. 09. 25.	00:06 ~ 04:40	구름조금	22.2
	동적	2017. 09. 29.	00:35 ~ 05:31	구름조금	15.5
	동적	2017. 09. 30.	00:06 ~ 04:40	구름조금	17.5
	동적	2017. 10. 14.	00:35 ~ 05:31	구름조금	14.0
	동적	2017. 10. 15.	00:06 ~ 04:40	비	14.2
	동적	2017. 10. 16.	00:35 ~ 04:55	구름조금	15.4
	정적	2017. 10. 30.	09:00 ~ 18:00	구름조금	7.5
	정적	2017. 10. 31.	09:00 ~ 18:00	구름조금	8.1

나.

(1) (2) 휴대단말기 검증결과

① 검증결과 종합

장치	순번	검증데이터 항목	시험결과	판정기준	비고
휴대단말기	1	비행기 모드 설정시 동작	적 합	비행기 모드 아이콘(✈) 확인	구미전자정보기술원 (시험기관)
	2	USIM 종류에 다른 단말기 동작	적 합	Antenna Bar 확인	
	3	DATA PDN 연결 동작 확인	적 합	IP주소 확인	
	4	IMS PDN 연결 동작 확인	적 합	호 연결 확인	
	5	대기상태에서 No-Service 지역 이동시 동작	적 합	Antenna Bar 확인	

장치	순번	검증데이터 항목	시험결과	판정기준	비고
	6	통화상태에서 No-Service 지역 이동시 동작	적 합	Antenna Bar 확인	
	7	No-Service에서 In-Service 지역 이동시 동작	적합	Antenna Bar 확인	
	8	음성 호 착·발신 동작	적 합 (정적, 동적 100%)	착신 성공률 99%, 발신 성공률 99% 이상	
	9	영상 호 착·발신 동작	적 합 (정적, 동적 100%)	착신 성공률 99%, 발신 성공률 99% 이상	
	10	발신 측에서의 음성, 영상 호 해제 동작	적 합 (정적, 동적 100%)	발신 측 정상 호 종료	
	11	수신 측에서의 음성, 영상 호 해제 동작	적 합 (정적, 동적 100%)	수신 측 정상 호 종료	
	12	음성·영상호 연결 상태에서 장시간 동작	적 합	10분 이상 호 유지	
	13	Downlink Data Throughput 확인	적합 동적 31.64Mbps (최소 4Mbps) 정적 34.47Mbps (최소 31Mbps)	5회 측정값으로 평균산출 (최소 정적 3Mbps, 동적 2Mbps 이상)	
	14	Uplink Data Throughput 확인	적합 동적 12.7Mbps (최소 1.2Mbps) 정적 22.4Mbps (최소 18.4Mbps)	5회 측정값으로 평균산출 (최소 정적 2Mbps, 동적 1Mbps 이상)	
	15	PTT 연동 시험(음성 그룹통화)	적 합 (동적31ms ,정적25ms)	통화설정 300ms 이내, 성공률 99% 이상	
	16	PTT 연동 시험(영상 그룹통화)	적합	영상통화 수신 확인	
	17	PTT 긴급통화	적합 (동적32ms, 정적30ms)	통화설정 300ms 이내, 성공률 99% 이상	
	18	전파수신강도 측정	적합 (정적100%, 동적99.7%)	RSRP ≧ -110dBm, 98% 이상	

(2)

다.

② 주요 검증결과 분석

58. □ 정적, 동적 시험을 통하여 단말기 기능 및 음성 호 착·발신의 정상동작을 확인하였으며, 전송속도 시험결과 Downlink Data Throughput 평균이 정적 약 34Mbps(최소31Mbps), 동적 약 31Mbps(최소4Mbps)이상, Uplink Data Throughput 평균이 정적 약 22Mbps(최소18.4Mbps), 동적 약 12Mbps(1.2Mbps)최소 이상으로 「도시철도용 무선통신기반 열차제어 시스템 표준체계구축 및 성능평가」최종보고서 기준 열차정지 시 DL 3Mbps 이상 / 열차이동 시 DL 2Mbps 이상, 열차정지 시 UL 2Mbps이상 / 열차이동시 1Mbps 이상을 만족하여 적합한 것으로 검증되었다.

59. □ PTT(MCPTT) 음성그룹통화의 통화설정시간 평균은 정적 25ms, 동적 31ms / 긴급통화의 통화설정시간 평균은 정적 30ms, 동적 32ms로 성공률 100%로 KPI1(통화설정시간 300ms이내)을 만족하는 것을 확인하여 성능기준에 적합한 것으로 검증되었다.

(1) (3) 속도대역별 검증데이터 비교검토

세부항목	성능기준	250km/h속도 (KTX) 자체시험	300km/h속도 (HEMU-430X) 자체시험	350km/h속도 (HEMU-430X) 공인기관 검증
호 접속 성공률	음성 호 착/발신 성공률 99%이상	100%	-	100%
	영상 호 착/발신 성공률	98%	-	100%
데이터 전송속도	다운링크 전송량 5회 평균	(동적) 42.17 Mbps	(동적) 32.8 Mbps	(정적) 34.47 Mbps (동적) 31.65 Mbps
	업링크 전송량 5회 평균	(동적) 18.66 Mbps	(동적) 16.97 Mbps	(정적) 22.46 Mbps (정적) 12.71 Mbps
PTT 연동 시험(음성그룹통화)	KPI1(Key Performance Indicator) 만족 통화 설정시간 300ms 이하	-	-	(정적) 25ms (동적) 31ms
PTT 긴급 통화		-	-	(정적) 30ms (동적) 32ms
전파수신강도(RSRP)	–110dBm이상(98%이상)	(동적) 99.7%	100%	(정적) 100% (동적) 99.7%

(2)

60. □ HEMU-430X를 이용하여 350km/h속도에서 공인기관 현차시험 결과 모든 항목에 대하여 “적합”으로 판정되었음. 주요시험항목인 호 접속 성공율 100%이상, 데이터 전송속도는 다운링크 31Mbps/업링크 12Mbps, 전파수신강도 -110dBm 99.7% 이상으로 기준에 모두 적합함.

61. □ 호 접속 성공률 250km/h급 속도 시험 시 음성 호 시험은 RRU 간격 1km에서만 100회, 영상 호 접속 시험은 RRU 간격 2km에서만 100회를 실시하였다. 실험결과 음성 호 접속 시험은 100% 성공, 영상 호 접속 시험은 98회 성공, 2회 실패로 98%의 성공률을 나타낸바 있다. 시험차량, 시험조건, 시험환경, 시험횟수의 차이로 직접적인 비교는 할 수 없으나, 350km/h급 속도 동적 호 접속시험은 RRU 간격 1km로 설정하여 음성 42회, 영상 41회 시험한 결과 성공률 100%을 확인하였다. RRU간격 1km설정 시 350km/h급 속도에서도 음성, 영상의 호 접속 성능과 기능이 양호함을 확인하였다.

62. □ 데이터 전송속도 동적시험 비교시, 250km/h급 속도 시험에서는 다운링크 평균 42.17Mbps, 업링크 평균 18.66Mbps로 측정되었으며, 350km/h급 속도에서 데이터 전송속도는 다운링크 평균 31.65 Mbps, 업링크 평균 12.71 Mbps로 측정되었다. 시험차량의 차폐특성에 따른 전파투과손실 및 운행속도 증가에 따른 영향으로 다운링크 10.52 Mbps, 업링크 5.95 Mbps의 속도저하를 확인할 수 있었다. 그러나, “도시철도용 무선통신기반 열차제어 시스템 표준체계구축 및 성능평가” 및 “TTAK.KO-06.0437 「LTE기반 철도 통신 시스템 요구 사항」”의 데이터 전송속도 기준을 상회하는 결과를 획득하였다. “도시철도용 무선통신기반 열차제어 시스템 표준체계구축 및 성능평가”의 데이터 전송속도 기준은 열차정지 시 다운링크 3Mbps, 업링크 2Mbps/ 열차이동 시 다운링크 2Mbps, 업링크1Mbps, “TTAK.KO-06.0437 「LTE기반 철도 통신 시스템 요구 사항」” 데이터 전송속도 기준은 “350km/h환경에서 음성, 데이터 및 영상 정보(최소 SD급)를 전송할 수 있어야 한다”고 규정하고 있다. 이번 공인기관 검증시험을 통하여 350km/h급 속도에서 두 가지 기준을 모두 만족하는 데이터 전송속도를 확인하였다. 또한, 고해상도 전송을 위하여 HD(High Definition)급 데이터 전송을 고려해보면, 비디오 전송을 위해 필요한 데이터 속도는 5Mbps이기 때문에 다운링크 HD실시간 비디오는 최대 6개, 업링크는 2개까지 전송 가능함을 확인 하였다.

63. □ PTT연동시험은 350km/h급 속도 이동속도에서 MCPTT의 KPI(Key Performance Indicator) 성능기준으로 측정하였다. MCPTT의 KPI기준은 3GPP표준 릴리즈.13 이상 MCPTT권고안에 따른 검증기준이다. KPI기준은 1~4단계로 이루어져 있으며, 일반적으로 KPI1과 KPI3를 가장 중요한 성능기준이다. KPI1은 PTT제어 영역에서 가장 중요한 지표

로, 발언권 전환 요청에 대한 인력을 넣은 이후 발언을 할 준비가 될 때까지 시간을 300ms 이하로 정의하고 있다. KPI3은 PTT 데이터 영역에서 가장 중요한 지표로, 발언이 마이크로 인입되는 시점부터 수신단에서 발언이 재생 될 때까지 시간으로 정의된다. 이번 시험에서는 시험장비의 부재로 KPI3의 측정은 할 수 없었다. PTT연동시험 결과 KPI1의 성능의 경우 음성그룹통화 평균 31ms, PTT 긴급통화 32ms로 약 270ms의 마진이 있어 KPI1 성능을 만족하였다. 또한, 영상 PTT 시험의 경우, 로그를 통하여 3GPP의 MCPTT 권고사항인 영상 코덱(AMR-WB), 음성코덱(H.264)이 사용됨을 확인하였다. 이에 따라 MCPTT 기능 및 성능이 양호함을 확인하였다.

가. 마. 차상단말기 검증결과

(1) (1) 시험환경

(2)

시험장소	HEMU-430X 운전실(동력실)				
시험기간	2017 년 08 월 20 일 ~ 2017 년 10 월 16 일				
	검증기관	일자	시간	날씨	온도(℃)
시험환경 (기준: 정읍)	구미전자정보 기술원	2017. 09. 29.	00:35 ~ 05:31	구름조금	15.5
		2017. 09. 30.	00:06 ~ 04:40	구름조금	17.5
		2017. 10. 14.	00:35 ~ 05:31	구름조금	14
		2017. 10. 15.	00:06 ~ 04:40	구름조금	14.2
		2017. 10. 16.	00:35 ~ 04:55	구름조금	15.4

나.

(1) (2) 차상단말기 검증결과

① 검증결과 종합

(2)

장치	순번	검증데이터 항목	시험결과	판정기준	비고
차상 단말기	1	PTT 그룹 음성통화	적합(DAQ 4.5)	DAQ 4.0 이상	구미전자 정보기술원 (시험기관)
	2	VoLTE Call 음성 통화	적합(DAQ 5)	DAQ 4.0 이상	
	3	데이터 통신	적합 DL : 45.23Mbps(최소 11.13Mbps) UL : 17.29Mbps(최소 5.33Mbps)	DL / UL 평균속도	
	4	절환지점 데이터 업로드	적 합	자동전환지점 데이터 업로드 확인	
	5	무선통화 녹음	적 합	녹음, 외부 인출 및 재생	
	6	신호데이터 연동	적합(100%, 0s)	RTT 분포<500ms(99%) Ping절단시간<5s	
	7	전파수신강도 측정	적 합(99.7%)	95% 이상 (RSRP -95dBm 이상)	

② 주요 검증결과 분석

64. □ 공인기관시험 결과 다운로드 속도 평균 약 45Mbps, 업로드 속도 평균 약 17Mbps 이상으로 「도시철도용 무선통신 기반 열차제어 시스템 표준체계구축 및 성능평가」최종보고서 전송속도 다운로드 4Mbps이상, 업로드3Mbps이상 만족, “TTAK.Ko-06.0458 「LTE 기반 철도통신 시스템 성능 시험규격」” 상향링크 최소 1Mbps 이상(평균 13Mbps 이상), 하향링크 최소 2Mbps 이상(평균 17Mbps 이상) 상회하는 데이터가 검증

65. □ RTT(Round Trip Time) 차상단말기와 차상 STU 간 평균 1ms(100%) 미만, 차상단말기와 지상 STU 간 평균 46ms(100%)로 측정되었고, Ping절단시간은 차상단말기와 차상 STU 간 평균 0초, 차상단말기와 지상 STU 간 평균 0초로 측정되었다. 1단계 『도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계구축 및 성능평가』 기준치(RTT분포 <500ms(99%)/ping절단시험<5s 이내)에 적합함을 확인

66. □ RSRP는 -95dBm이상이 평균 99.8%로 1단계 『도시철도용 무선통신기반 열차제어시스

템 표준체계구축 및 성능평가』의 전파수신강도 -95dBm을 95%이상 기준에 만족하여, 고속운행에서도 성능기준에 적합한 것으로 검증됨

(1) (4) 속도대역별 검증데이터 비교검토

① 커버러지(RSRP)

(2)

세부항목	성능기준	250km/h속도 (KTX) 자체시험		300km/h속도 (HEMU-430X) 자체시험		350km/h 속도 (HEMU-430X) 공인기관 검증	
		RSRP평균 (dBm)	성공률	RSRP평균 (dBm)	성공률	RSRP평균(dBm)	성공률
RSRP(dBm)	RSRP ≥ -95dBm, 95% 이상	-74.49	98%	-65	100%	-66.705	99.8%

67. □ 350km/h급 속도 시험에서는 HEMU-430X에 LTE-R차상단말기를 설치하여 공인기관시험 및 자체시험 실시하였다. 본 시험결과보고서는 전파수신강도(RSRP)의 성능에 대한 결과보고서이다. 공인기관 시험결과 -95dBm이상이 99.8%로 "도시철도용 무선통신기반 열차제어 시스템 표준체계구축 및 성능평가"의 결과로 설정된 시험기준(-95dBm이상, 95% 이상)에 적합함을 확인하였다. 또한, TTAK.KO-06.0458 「LTE 기반 철도통신 시스템 성능시험 규격」의 열차이동국 무선커버리지 기준은 RSRP -95dBm이상이 98%이상으로 더 높은 기준을 가지고 있으나, 이 기준을 공인기관시험 결과에 적용해도 성능에 만족하는 결과를 확인하였다. 자체시험 결과도 상기와 유사한 결과가 나타남에 따라 성능에 양호함을 확인하였다.

250km/h급 속도 시험에서는 KTX-36호로 시험을 진행하였으며, 차량 외부에 안테나를 부착할 수 없는 관계로 시작품 차상안테나(패치타입)를 검측실 내부 유리에 부착한 상태로 측정한 결과물이다. 운전실 외부 안테나 설치조건에 비하여 열악한 조건(RSRP저하 및 페이딩 증가)으로 측정하여 350km/h 시험에 비하여 약 7~8dBm정도 미약하게 측정되었다. 그 외 환경조건에 의하여 편차가 있을 수 있다.

② 데이터통신

세부항목	성능기준	250km/h속도 (KTX) 자체시험		300km/h속도 (HEMU-430X) 자체시험		350km/h 속도 (HEMU-430X) 공인기관 검증	
		DL 평균 속도(Mbps)	UL 평균 속도(Mbps)	DL 평균 속도(Mbps)	UL 평균 속도(Mbps)	DL 평균 속도(Mbps)	UL 평균 속도(Mbps)
데이터통신	Download/Upload 평균 속도	44.87	20.56	48.44	17.4	45.231	17.321

68. □ 350km/h급 속도 시험은 HEMU-430X에 LTE-R차상단말기를 설치하여 현차시험을 실시하였고 본 시험결과보고서에서는 데이터통신(데이터 전송속도 측정FTP) 시험을 실시하여 결과값을 확인하였다. 공인기관 시험결과 "도시철도용 무선통신기반 열차제어 시스템 표준체계구축 및 성능평가" 및 "TTAK.KO-06.0437 「LTE기반 철도 통신 시스템 요구사항」"의 데이터 전송속도 기준을 상회하는 평균 다운로드 45.231Mbps / 업로드 17.231Mbps 속도가 측정되어 적합함을 확인하였다. "도시철도용 무선통신기반 열차제어 시스템 표준체계구축 및 성능평가"의 데이터 전송속도 기준은 다운로드 4Mbps이상, 업로드 3Mbps이상이며, "TTAK.KO-06.0437 「LTE기반 철도 통신 시스템 요구 사항」" 데이터 전송속도 기준은 "350km/h환경에서 음성, 데이터 및 영상 정보(최소 SD급)를 전송할 수 있어야 한다"고 규정하고 있다. 이번 공인기관 검증시험을 통하여 350km/h급 속도에서 두 가지 기준을 모두 만족하는 데이터 전송속도를 확인하였다. 또한, 고해상도 전송을 위하여 HD(High Definition)급 데이터 전송을 고려해보면, 비디오 전송을 위해

필요한 데이터 속도는 5Mbps이기 때문에 다운링크 HD실시간 비디오는 최대 9개, 상향 링크는 3개까지 전송 가능함을 확인 하였다.

69.

③ PTT 통신 등

항목	250km/h속도 (KTX) 자체시험	300km/h속도 (HEMU-430X) 자체시험	350km/h 속도 (HEMU-430X) 공인기관 검증
LTE-R 음성통신 (PTT 통화)	DAQ 4.0 (IP-PTT 기반)	DAQ 4.0 (IP-PTT 기반)	DAQ 4.5 (MCPTT 기반)
음성호(VoLTE Call)통화시험	-		DAQ 4.5
무선통화 녹음기능	-		적합
절환지점 DB업로드	-		적합

70.

71. □ 350km/h급 속도에서 공인기관 시험과 자체검증을 통하여 음성통신(PTT 통화), 음성호(VoLTE Call)통화, 무선통화 녹음기능, 절환지점 DB업로드의 기능 및 성능을 검증하였다. 4가지의 시험항목은 기준을 만족하여 “적합”판정하였다.

72. □ 음성통신(PTT 통화) 시험은 250km/h급, 350km/h급 속도 시험에서 그룹통화를 통하여 기능이 정상임을 확인하였다. 음성통신(PTT 통화) 시험항목은 250km/h급 속도 시험에서 IP-PTT를 기반으로 실험하였고, 350km/h급 속도 시험에서 MCPTT를 기반으로 시험하였다. 위 두 시험의 음성품질은 ITU(국제전기통신연합)에서 규정한 DAQ4.0 이상을 확보하여 기준에 적합함을 확인하였다. DAQ음성품질의 경우 공인시험기관, 자체시험 검증자 모두 DAQ 4.0(“음이 쉽게 이해된다. 잡음과 왜곡이 적다”)이상의 결과로 판단함에 따라 주관적인 판단에 따른 오류를 보완하여 시험결과의 신뢰성을 높였다.

④ PTT 통신 등

(1)

항목		250km/h속도 (KTX) 자체시험	300km/h속도 (HEMU-430X) 자체시험	350km/h 속도 (HEMU-430X) 공인기관 검증
차상 STU	RTT 평균시간(성공율)	-	-	1ms 미만(100%)
	Ping 절단시간(초)	-	-	0
지상 STU	RTT 평균시간(성공율)	-	-	46ms(100%)
	Ping 절단시간(초)	-	-	0

73. □ 350km/h급 속도 시험에서는 HEMU-430X에 LTE-R차상단말기를 설치하여 공인기관시험 및 자체시험 실시하였다. 본 시험결과보고서에서는 열차제어 인터페이스를 위하여 차/지상 신호장치간 통신 상태를 확인하였다. 공인기관 시험결과 RTT분포는 차상 간 평균 1ms이내(100%), 차상~지상 간 평균 46ms이내(100%)로 측정되었으며, Ping절단시간은 0초임을 확인하였다. 『도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계구축 및 성능평가』의 결과로 설정된 최소성능기준(RTT분포<500ms(99%)/ping절단시험<5s 이내)을 만족하는 결과를 확인하였다. 자체시험결과도 상기 기준에 적합한 성능을 확인하였다. RTT분포는 차상 간 평균 1ms이내(100%), 차상~지상 간 평균 51ms이내(100%)를 기록하였다. 공인기관시험과 자체시험을 통하여 기준에 적합 판정을 받음으로 성능의 양호함을 확인하였다.

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

[1세부]

1. 목표 달성도

목 표	달성도(%)	내 용	비고
각 세부과제의 연구수행 총괄관리 성과 통합관리	100	- 연구과제 공정관리 보고서(회의록) - 공청회, 보고회, 세미나, 전시회 참가 보고서	
시스템 요구사항 수집·분석 및 정의	100	- 기능요구사항 정의서 - 성능요구사항 정의서	
열차제어시스템 표준사양 확정	100	- 워킹그룹(자문단) 운영보고서 - 열차제어시스템 표준사양서	
열차제어시스템 안전성 평가(SIL4 인증 획득)	100	- 안전요구사항 수집 · 분석 보고서 - SIL4 인증 범위 및 대상 보고서 - 안전성 평가 계획 수립 보고서 - RAMS활동 문서작성 지침 마련 및 활동 점검 보고서 - ISA기관 선정 보고서 - SIL4 인증서 *GA(General Application) 인증 - SA SIL4 인증 계획 수립 보고서	*미인증업체 지원 방안 제시
관계 정부부처의 법제화 및 정책수립 지원	100	- 한국철도표준규격 제정(안) - 한국철도시설공단 표준규격 제정(안) - 전파법 개정 지원 보고서 - 실용화 지원 협의체 구성·운영 지원 - 시범사업 협의체 구성·운영 지원	
연구성과 실용화를 위한 시범노선 선정	100	- 열차제어시스템 시범노선 선정 보고서 - 철도전용 무선통신망 선정 보고서	
연구결과 활용계획 수립 (연구결과 적용 가능 노선 조사)	100	- 연구결과 적용 가능 노선 조사 보고서(신호, 통신시스템)	
연구결과 활용계획 수립 (연구결과 실용화시 구축비용, 운영유지보수 편익 등 경제성 분석)	100	- 실용화 적용 시 구축 비용 분석 보고서	
	100	- 유지보수 편익 등 경제성 분석 보고서	
	100	- 종합계획 수립 보고서(신호)	
열차제어시스템 상호(혼용)운영에 따른 운영방안 연구	100	- 상호운영에 따른 운영방안 연구 보고서	
논문 게재	100	- 논문 게재 실적(6건)	*계획 5건 부록 1-10 수록
논문 발표	100	- 논문 발표 실적(30건)	*계획 19건 부록 1-10 수록

[2세부]

1. 목표 달성도

세부 연구 목표 (연구계획서의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
1차년도			
열차제어시스템요구사항분석	21	100	· 유럽 열차제어시스템 성능검증 기관 및 운영기관, 관제센터 방문을 통한 사례조사가 적절하게 수행되었음 · 국내 철도교통관제센터, 신호장치 개발사 및 운영기관 요구사항 조사 및 추적표 작성을 통해 적절하게 수행되었음
시스템 개발사양서 정의(1)	24	100	· ETCS 표준규격 및 국내 신호설비 표준규격 분석함으로써 적절하게 수행되었음
지상시스템요구사항분석	10	100	· 국내 신호설비 설치를 위한 요구사항 조사를 수행하였음
지상 열차제어 인터페이스 분석	15	100	· 유럽표준규격 요구사항(Subset-026) 및 운영사례 조사가 적절하게 수행되었음
지상-차상 열차제어 인터페이스 통합시험실 검증 준비	10	100	· 유럽표준규격 통합시험절차(Subset-076) 및 공인성능검증기관 교육을 통해 통합시험실 구축 계획을 적절하게 수립함
I/F 표준사양안 작성	15	100	· 철도교통관제센터 요구사항 조사·분석을 통하여 I/F표준사양 정의를 위한 사항을 적절하게 도출하였음
요구사항 분석	5	100	· 도시철도 및 일반·고속철도 운영기관 요구사항 분석을 적절하게 수행하였음
합계	100	100	
2차년도			
시스템 개발사양서 정의(2)	20	100	· ETCS 표준규격 및 국내 신호설비 표준규격 기반 KRTCS-2 인터페이스 개발사양 요구사항을 정의함으로써 적절하게 수행되었음
종합시험 성능평가 계획 수립(1)	10	100	· 통합시험 절차 및 종합시험 추진체계를 수립함으로써 적절하게 수행되었음
장치별 설치기준 분석	15	100	· 운용중인 지상장치 설치기준을 분석함으로써 KRTCS-2 지상설비 설치기준 정의를 위한 개념을 수립하였음
지상-차상 열차제어 인터페이스 사양 정의	5	100	· 열차제어장비 간 인터페이스 개발 사양(안)이 KRS규격 및 ETCS 표준 사양과 비교 검토하여 적절히 제시되었음
호남고속선 시험선 지상-차상 열차제어 인터페이스 성능평가 준비	15	100	· 호남 고속 시험선의 역 및 폐색 구간 내 인프라 구축을 위한 계획이 적절하게 수립되었음
통합시험실 인터페이스 구축 및 시험 준비	10	100	· 유럽표준규격에 근거하여 통합시험실 장비 구축 및 호남고속선 시험선 주행시나리오 용 데이터 구축을 완료함
CTC-RBC간 인터페이스 개발사양 정의	5	100	· CTC 및 RBC 제작사, 운영기관 협의를 통해 CTC-RBC간 인터페이스 개발사양서 및 인터페이스 개발사양서에 맞는 체크리스트를 정의하였음
시험 인프라용 CTC설비 구축	10	100	· 통합시험실 및 정읍시험센터에 시험용 CTC설비 구축 및 사전 인터페이스 점검을 통해 적절하게 수행되었음
개조/복구 방안 수립 및 개조	10	100	· 시험열차 현차조사 및 기존 장치 개발사의 개조방안 검토를 수행하였으며, 안전성검증을 통해 현장시험을 위한 시험열차 개조가 적절하게 수행되었음
합계	100	100	
3차년도			
인터페이스 표준규격서 작성	12	100	· ETCS 표준규격 및 국내환경 분석을 통한 KRTCS-II 설비 간 인터페이스 개발사양을 정의함으로써 적절하게 수행되었음
종합시험 성능평가 계획 수립	5	100	· 호남고속선 및 원주강릉선 시험선에서의 성능검증 일정 및 시험항목이 적절하게 정의되었음
통합시험실 성능평가	14	100	· 통합시험 절차(시험항목) 및 일정에 따라 컨소시엄 별 통합시험실 기능시험이 적절하게 수행되었음
사용전 검사 기준(안) 수립	5	100	· 연동장치, 관제설비, RBC장치를 파악하여 점검 계획에 반영하였으며 사용전 검사계획서에 따라 호남고속선 시험선 사용전 검사를 수행하였음
상세설계 검증 및 시작품 설치기준 실차시험 검증	4	100	· 전반적으로 당해연도 연구개발 수행 내용이 적합하게 반영 되었음 · 지상시스템의 상세설계 기준에 따라 각 장치별 설치조건, 인터페이스 분석을 적절하게 연구하여 정의함 · 시작품 적용시험 절차와 시나리오를 분석하여 적절히 도출함

지상 열차제어 인터페이스 개발사양(안) 정의	5	100	· 일반선 열차제어장비 간 인터페이스 개발 사양(안)이 KRS규격 및 ETCS 표준 사양과 비교 검토하여 적절히 제시되었음 (원주-강릉 시험선 내 만종역과 횡성역 구간에 적용 시행)
호남고속선 시험선 지상 열차제어 인터페이스 구축	8	100	· 호남 고속 시험선의 역 및 폐색 구간 내 인프라와 정읍시험센터와 신호기계실 간 인터페이스가 적절히 구축되었음
원주-강릉 시험선 지상-차상 열차제어 인터페이스 성능평가 준비	6	100	· 원주-강릉 시험선 구간의 선정 및 만종-횡성역 간 기존 신호설비와 KRTCS 신호 설비 구축 설계가 적절히 수행되었음 · 원주-강릉 시험선 구간의 시험 DL4400대 열차 선정 및 열차 선정에 따른 차상ATP장치 구축을 위한 인터페이스 분석 및 준비가 적절히 수행되었음
통합시험실 상호호환성 시험 및 운영	12	100	· 통합시험 시간 단축을 위한 통합시험설비 고도화(자동화) 구축 및 지상 및 차상ATP장치 성능 시험 및 검증이 적절히 수행되었음
CTC-RBC간 인터페이스 개발 사양서 보완(통합시험실)	5	100	· 철도교통 관제센터 및 RBC 제작사 실무자 협의, 내부검토를 통한 CTC-RBC간 인터페이스 개발사양서를 보완하여 정의되었음 · 개발된 CTC-RBC간 인터페이스 개발사양서에 맞는 체크리스트 작성 후 통합시험실 테스트를 수행하였음
시험 인프라용 CTC설비 현장 구축(호남고속선)	16	100	· CTC설비에 해당하는 호남고속철도 시험노선의 Data Base를 적용하여 정읍시험센터에 구축하였음 · 인터페이스 개발 사양을 반영한 CTC시뮬레이터 제작 및 통합시험실에 구축하였음 · 시험차량 조사 및 호남고속철도 시험노선 노선정보를 적용하여 현차시험 검증장비를 구축하였음
시험차량 개조 및 유지보수	8	100	· 현차조사를 통한 설계사항 확인 및 실제 개조에 필요한 사항 검토하였음 · 해무차량 실무자와 검토사항 확인 및 협의 통한 해무차량 개조 설명서 작성 후 배포하였음 · 해무차량 개조 설명서를 기반으로 시험차량 객실 및 차량 하부, 케이블 포설 등의 개조 시행하였음
합계	100	100	
4차년도			
인터페이스표준규격 등록	12	100	· 통합시험실 기능시험 및 시험선 구간 현차시험 결과를 반영하여 열차제어시스템 설비 간 인터페이스 개발사양 보완 및 한국철도공사 표준규격(KRCS) 등록
종합시험 및 시운전	11	100	· 호남고속선 및 원주강릉선 시험선 구간 시운전 일정 협의 · 호남고속선 및 원주강릉선 시험선 현차시험 수행
시험선 사용전 검사	16	100	· 원주강릉선 시험선 사용전 검사 수행
지상시스템 설치기준 수립	4	100	· 유럽표준사양(ETCS Subset)을 참고 · 지상시스템 시작품 실차시험 결과를 반영하여 수립
지상-차상 통합시험실 성능검증 지원	5	100	· 국내 공인 기관 성능 인증 지원 · 통합시험 자동화 설비 활용 및 보완 · 유럽표준사양(ETCS SUBSET)을 참고
지상인터페이스 설비 구축 및 시험지원	8	100	· 시험선 관련 운영기관과의 기술 협의 · 시험선 ATP PLAN 설계 활용 및 보완
차상 열차제어 구축 및 시험지원	6	100	· ATP 및 LTE-R 설비 공급자의 인터페이스 보완 · 국내 공인 기관 성능 인증 지원
인터페이스 개발 사양 기준 수립	10	100	· 기존 KRS 규격 검토 내역을 반영 · 시험선 구간에서의 현장 시험 내역을 반영 · 관련 제작사 및 운영기관과의 기술 협의
CTC-RBC간 인터페이스 개발 사양서 보완(현장시험)	5	100	· 호남고속철도 시험선 시험 결과 분석 및 보완 · 일반철도 시험선 시험 결과 분석 및 보완
시험 인프라용 CTC설비 현장 구축	10	100	· 일반철도(원강선) 시험을 위한 시험 인프라용 CTC설비 및 현차시험 검증장비 구축 · 정읍시험센터 및 통합시험실 CTC설비 유지보수
시험차량 복구 및 유지보수	8	100	· 호남고속철도 시험선 시험 종료 후 복구 설계를 바탕으로 시험차량 복구 · 시험선 시험을 위한 시험차량 유지보수
합계	100	100	

구분			목표	달성	비고
국외 논문 게재	SCI				
	비SCI				
	계				
국내 논문 게재	SCI				
	비SCI		5	4	
	계		5	4	
특허 출원	국내		2	2	
	국외				
	계		2	2	
특허 등록	국내		1	1	
	국외				
	계		1	1	
인력 양성	석사				
	박사			1	
	계			1	
기술 이전	계약 건수				
	계약액				
	징수액				
국제 표준화	기고서 제출				
	기고서 채택				
	표준안 채택				
국내 표준화	기고서 제출				
	기고서 채택				
	표준안 채택				
등록·기탁 대상 성과물	보고서 원문				
	연구시설·장비				
	기술요약정보				
	생명자원	생명정보			
		생물자원			
		신품종			
	소프트웨어		1	1	
	화학물				
기타	시제품		2	2	
	성과 홍보		-	5	
	일자리 창출				

[3세부]

1. 목표 달성도

순번	연구목표	연구결과	달성도(%)
1-1	일반 및 고속철도 적용을 위한 무선통신 요구사항 정의	철도전용 무선통신 사용자 서비스 요구사항 수집	100
1-2	철도전용 주파수 분배에 따른 주파수 활용 계획 수립	주파수 활용 방안에 관한 국제 학술논문 1건 발표	100
1-3	LTE-R 통신 규격 연구	TETRA 연동방안에 관한 국내 학술지논문 2건 게재	100
1-4	국내외 철도 무선통신 시스템 규격분석 및 인터페이스 분석	철도 무선통신 시스템 규격 분석결과를 국제학술논문 1건 발표	100
2-1	LTE 기반 철도통신시스템 요구사항 TTA 표준 제안	LTE기반 철도통신시스템 요구사항 TTA 표준 제안	100
2-2	철도망과 재난망의 주파수 간섭 회피방안 분석 연구	철도망과 재난망의 주파수 간섭 회피방안 분석서	100
2-3	국제표준화 활동	국제표준기고	100
2-4	LTE 기반 철도통신시스템 도입 비용 편익 경제성 분석 연구	철도통합 무선통신망 원주-강릉 구축 도입효과 분석	100
3-1	LTE 기반 철도통신시스템 구조 TTA 표준 제정	LTE기반 철도통신시스템 구조 TTA 표준	100
3-2	LTE 기반 철도통신시스템 요구사항 TTA 표준 제정	LTE기반 철도통신시스템 요구사항 TTA 표준 제정	100
3-3	망운용 관련 요구사항 TTA 표준 제안	표준제안서	100
3-4	철도전용 무선통신망 시험 규격 TTA 표준 제안	표준제안서	100
3-5	LTE 기반 철도통신시스템 신규 구축 비용 편익 경제성 분석 연구	철도통합 무선통신망 전국 단위 구축 도입효과 분석	100
3-6	국제표준화 활동	국제표준화 기고서 (7)	100
4-1	LTE 기반 철도통신시스템 시험규격 TTA 표준 제정	LTE기반 철도통신시스템 시험규격 TTA 표준	100
4-2	국제표준화 활동	국제표준화 기고서 (10)	100
4-3	철도통합무선망(LTE-R) 차상인프라 철도표준규격(KRS)제안	LTE-R 휴대단말 규격 작성 LTE-R 차상단말 규격 작성	100
4-4	망운용 관련 규격 TTA 표준 제안	망운용 관련 규격 제정	100
4-5	단말기 연동 철도통신성능 최적화 방안 분석서	최적화 방안 분석서	100

[4세부]

세부 연구 목표 (연구계획서의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
철도전용 무선통신망 차상인프라 기능 및 성능평가	15	100	· 철도전용 무선통신망 차상인프라(상호연동시스템, 휴대단말기, 차상단말기)에 대한 성능검증을 위한 검증기관 선정 완료 및 현차시험절차서 확정 · 차상인프라 현차시험 시행 · 차상인프라(휴대단말기)의 공사표준규격(KRCS) 제정을 위해 제정(안) 작성
철도전용 무선통신망 지상인프라 기능 및 성능평가	15	100	· 철도전용 무선통신망 지상인프라(QoS 제어시스템, 지상인프라망)에 대한 성능검증을 위한 현차시험 시행 · 설계기준 개정을 위한 자문회의 및 회의 개최, 설계기준 수립
LTE 기반 철도전용 무선통신망 지상인프라 구축	15	100	· 지상인프라망 구축 완료 및 지속적 유지보수 시행 (급전장애 예방 협조, 지상인프라 조류기피제 설치 작업 일지 등)
LTE-R과 VHF, TRS-ASTRO/TETRA와의 상호연동기술 개발	10	100	· 300~350km/h 대역 상호연동시스템 현차시험 절차서 확정 · 차상인프라 현차시험 시행
LTE-R 기반 QoS 제어기술개발	10	100	· 300~350km/h 대역 QoS제어시스템 현차시험 절차서 확정 · 지상인프라 현차시험 시행 중
LTE-R 기반 휴대단말기 개발	15	100	· 휴대단말 KC인증 10월말 취득 · 300~350km/h 대역 휴대단말기 현차시험 절차서 확정 · 차상인프라 현차시험 시행 · UHD 간섭필터 인터페이스 설계, 검증 및 시제품 제작 완료 · IP67(방진/방수) 시험성적서 취득
LTE-R 기반 차상단말기 개발	20	100	· 300~350km/h 대역 차상단말기 현차시험 절차서 확정 · 차상인프라 현차시험 시행 · 원강선용 차상단말기 제작
합계	100		

2. 관련 분야 기여도

정부는 철도교통 중심으로 교통정책을 전환하기 위해서 ‘국가철도망구축계획’, ‘국가기간교통망계획’의 전면적인 개편을 2010년부터 추진하고 있다. 이 같은 철도교통중심의 교통정책을 추진하기 위해서는 이에 맞는 철도인프라, 철도차량, 철도신호, 통신 등 철도설비를 필요한 시기에 확보할 수 있어야 한다. 특히 상용화할 수 있는 차세대 철도전용 통합무선망 및 무선기반 열차제어시스템 기술을 확보하고 실용화하는 것은 매우 중요한 사항이 될 것이다.

현재 철도건설사업을 추진하고 있으나, 열차무선, ATP, 무선통신기반 열차제어시스템 등 요구하는 시스템을 확보하지 못하고 있어 사업추진, 운영 및 유지보수에 어려움을 겪고 있다. 따라서 정부의 철도중심정책과 연계하여 철도전용 통합무선망을 활용하는 철도신호시스템을

상용화하는데 필요한 여건을 구축하는데 활용할 수 있다. LTE-R 무선통신망과 무선기반 열차제어시스템은 세계 최초로 개발된다는 점에서 해외 시장 개척을 통한 국가 성장 동력으로서의 역할을 기대할 수 있으며, 철도 안전뿐 아니라 다른 산업인 정보통신, 제어기술 등에 적용하는 연구가 가능하며, 뿐만 아니라 영상서비스 등의 분야로도 확대 적용이 가능할 것이다.

○ 철도신호 통신산업, 정보통신기술, 제어기술, 이동통신 등 첨단산업분야의 파급을 통한 산업 전반에 걸친 경제 활성화 철도신호 통신산업, 정보통신기술, 제어기술, 이동통신 등 첨단 산업분야의 파급을 통한 산업 전반에 걸친 경제 활성화를 기대할 수 있다.

○ 철도안전법을 토대로 안전성 확보를 위한 조치에 필요한 각종 법제도적 기준과 장치 등을 강화하고 철도 선진국의 수준에 부합하도록 철도정책을 추진하고 있는 것을 볼 때, 안전성과 신뢰성 기반의 열차제어시스템 개발 및 상용화는 미래의 철도 선진국 진입과 교통부문의 성장에 지대하게 기여할 것이다.

○ 안전성 평가에 기준이 되는 유럽 규격 교육을 통한 해외 철도기술 지식 확보가 가능하며, SIL4인증 마일스톤을 작성하여 체계적인 인증 관리 기준 확립 및 전체 안전성 활동 범위가 식별 가능하여 전체적인 공정에 필요한 인력 및 자원을 배분하고 할당하는 기반 자료로 활용할 수 있다.

○ 문서관리시스템(NAS)에 업로드된 SIL4 인증용 한글 표준 템플릿 및 ERTMS/ETCS 기술자료 제공을 바탕으로 KRTCS(일반·고속철도)사양서 개발 업무와 참여기업 국산화 제품 개발업무에 도움이 되고 있으며, 향후 연구과제가 종료된 이후에도 다른 국산화 철도 신호 제품 개발에도 효과적으로 사용할 수 있을 것으로 예상된다.

○ 국제적으로 신뢰도가 높은 ISA(독립안전성평가)기관의 SIL4 인증서를 획득하여 KRTCS(일반·고속철도)의 안전성을 확보하고 해외 수출을 위한 신뢰도를 향상시킬 수 있다.

○ 기술 및 경제적 측면
- 해외 기술에 의존적인 국내 열차제어시스템의 국산화 기술 기반 마련 및 기술 경쟁력 확보
- 국외 제작사에 의존되어 있는 열차제어시스템의 높은 시스템 구축 및 운영, 유지보수 비용 절감
- 국내 철도 신호 시스템 표준화로 노선 간 연계운행을 통한 운영비 및 부가 비용 절감

○ 사회적 측면
- 유럽표준열차제어시스템(ETCS) 연구를 통해 철도 분야 전문 인력 양성
- 국내 열차제어시스템에 대한 국가 경쟁력 확보 및 기여
- 안전성 및 신뢰성이 검증된 시스템 도입으로 철도분야 운영 품질을 높이는데 기여

[통신분야]

1. 관련분야 기여도

국내 철도 무선통신망은 노선별로 상이하여 비효율적으로 운영되고 있음. 실제로 관제요원, 열차운전자, 현장 유지보수 요원 간 협업이 어려워 다양한 문제점이 발생하고 있으며, 망관리 측면에서 증설, 대체, 유지보수가 어려우며, 고장 시 신속한 대처의 지연으로 불안요

소가 급증하고 있음

본 과제 “철도전용 무선통신시스템(LTE-R) 기술개발 및 성능평가” 기술개발 연구로 기존 이기종망(VHF, TRS-ASTRO/TETRA)의 연동 가능과 LTE-R시스템의 점진적 일원화로 철도무선통신의 안정적인 통신서비스 제공과 건설비 절감, 운용 효율화 등을 구현하는데 적극 활용될 수 있으며, 최근 강경선(원주~강릉간), 소사~원시간 철도전용 무선통신망(LTE-R) 구축을 일환으로 일반 및 고속철도 운영구간에 단계적으로 적용하여 고속/일반철도 운영 및 유지보수 서비스를 제공할 것으로 사료된다.

2. 기술적 효과

가. LTE-R 기반 열차제어시스템 인터페이스 기술의 세계시장 진출 기반 마련

나. 시험노선 성능시험, 시범노선 실용화를 통한 성능시험평가 실적 확보

다. 실제 노선과 유사한 시험선 환경 구축을 통한 350km/h 성능검증 기술 확보

3. 경제적·산업적 효과

가. 철도산업의 고도화는 물론 국내 S/W산업, IT산업, 시스템엔지니어링 등 관련 분야의 기술을 선도하여 경제적 기술적 파급효과의 극대화

나. LTE-R은 기존의 무선통신방식을 일원화하여 운영과 유지보수의 효율성 증대와 더불어 초고속 멀티미디어 서비스, 사물인터넷(IoT) 등 다양한 융합서비스 구현 가능할 것으로 기대됨

다. LTE-R 기반 무선시스템 일원화로 유지보수 운영 효율성 증대

라. 운영/안전 및 보안/승객서비스 등 다양한 철도서비스 제공

마. 기존 운영설비 상호연동기술 구현

(1) 연동장치(Gateway) 구현을 통하여 기존 운영 중인 VHF, TRS-ASTRO, TRS- TETRA망과 LTE-R 무선시스템 호환

(2) 기존 통신망과 혼용시기에는 연동장치를 통하여 호환 서비스를 구현하고 점진적으로 LTE-R 철도무선통신망 단일화 구축

(3) 기존 운영설비인 ATP(열차자동방호장치)와 호환을 통하여 상호 운영을 실현하고 점진적으로 KRTCS(일반·고속철도) 단일화 구축

바. 국내 사업 노선 진입 및 해외 수출 기반 마련

(1) 순수 국내 기술로 실용화되는 LTE-R 상용화를 위한 기반을 마련하여 국내 제작사의 국내 철도사업 진출 및 해외사업 진출 기반 마련

제5장. 연구개발성과의 활용계획

1. 연구결과의 활용방안

가. 현장적용 활용방안

본 과제로 개발된 열차제어시스템(KRTCS-2) 및 철도전용 무선통신망(LTE-R)은 기능별로 구분되어 있고 해외에서 도입되어 운영되고 있는 현재의 안전관련 시스템 데이터들을 표준화된 프로토콜을 사용하므로 국내 철도통신 및 열차제어시스템을 표준화 및 일원화하여 건설비 절감, 운영 효율화 등을 구현하는 데 적극 활용될 수 있다.

나. 실용화, 사업화 방안

철도안전체계가 강화됨에 따라 실시간 철도 전용 무선망 및 무선기반 열차제어시스템의 고속철도/일반철도/광역철도별 설치, 운영, 유지보수 및 실시간 무선통신 및 제어 시스템의 적용을 법제화하여 제도적으로 활용할 수 있다.

1) 열차제어시스템 활용

전국 철도 일반, 광역, 고속철도 신규 노선 및 개량 시기가 도래하는 기존 노선에 무선기반 열차제어시스템을 적용할 수 있다.

가) 신규 노선

- 차상장치 : KRTCS_2(일반 · 고속철도) 차상장치를 단계적으로 설치
- 지상장치 : KRTCS_2(일반 · 고속철도) 지상장치를 단계적으로 설치

* 단, APT 또는 ATS를 장착한 차량의 상호 운영을 위하여 ATP, ATS도 설치하되, 차상장치 개량 정도에 따라 단계적으로 KRTCS-2로 단일화한다.

나) 기존 노선

- 차상장치 : 기존 차상장치를 대체하여 운행노선별로 KRTCS-2차상장치로 개량
- 지상장치 : 기존 차량 운행을 고려하여 KRTCS-2 지상장치 추가 설치 후 차상장치 개량이 완료되면 기존 설비 철거

2) 철도전용 무선통신망

가) 차상장치(휴대, 이동단말기 포함)

- 신설차량, 개량 차량에 기존 설비를 철거하고 LTE-R 차상장치로 교체

나) 지상장치(LTE-R 무선망)

- 신설 또는 개량 노선에 LTE-R 무선망 구축

다. 미래원천기술 확보, 후속연구, 신산업 창출 등에 활용

1) 철도 사고를 미연에 방지하고 사고 발생시 발 빠른 초기 대응으로 사고 확산 방지를 실현하여 승객의 생명과 재산을 보호하는 최고의 대책임을 고려했을 때, 본 시스템 개발은 국, 내외에 시사하는 바는 매우 클 것으로 판단되며, 특히 세계 최초로 개발되는 LTE-R 무선통신망과 무선기반 열차제어시스템은 해외 시장 개척을 위한 시스템 설계로 국가 성장 동력으로써의 역할이 기대되며, 철도 안전 뿐 아니라 다른 산업인 정보통신, 제어기술 등에 적용하는 연구가 가능함. 뿐만 아니라 영상서비스 등의 분야로도 확대하여 활용 가능하다.

2) 안전성 평가에 기준이 되는 유럽 규격 교육을 통한 해외 철도기술 지식 확보가 가능하며,

SIL4인증 마일스톤을 작성하여 체계적인 인증 관리 기준 확립 및 전체 안전성 활동 범위가 식별 가능하여 전체적인 공정에 필요한 인력 및 자원을 배분하고 할당하는 기반 자료로 활용할 수 있다. 문서관리시스템(NAS)에 업로드된 SIL4 인증용 한글 표준 템플릿 및 ERTMS/ETCS 기술자료 제공을 바탕으로 KRTCS_2(일반·고속철도)사양서 개발 업무와 참여기업 국산화 제품 개발업무에 도움이 되고 있으며, 향후 연구과제가 종료된 이후에도 다른 국산화 철도 신호 제품 개발에도 효과적으로 사용할 수 있다.

국제적으로 신뢰도가 높은 ISA(독립안전성평가)기관의 SIL4 인증서를 획득하여 KRTCS_2(일반·고속철도)의 안전성을 확보하고 참여기업이 해외 수출 시 연구개발에서 도출된 결과를 활용할 수 있다.

○ 본 연구에서 개발된 인터페이스 개발사양은 국내 철도 선진화(개량) 사업 시 활용 가능
○ KRTCS-2 핵심기술을 통해 국내 열차제어시스템의 해외기술종속 탈피로 수입대체 효과
○ 무선통신기반 열차제어시스템으로 지상신호방식(ATP, ATC)대비 선로용량 증대 및 유지보수비용 절감 가능
○ KRTCS-2 신호시스템 표준화를 통해 노선 간 연계운행 시 상이한 시스템으로 인한 인프라 추가 구축 등 매몰비용 감소 및 운영 효율화 증대
○ 유럽열차제어시스템 시스템 요구사항 및 호환성 확보로 해외 시장 진출 기반 마련
○ 열차제어시스템 핵심기술 확보로 해외 신호업체와 같이 철도신호시스템 표준화 작업 주도 기대

[통신분야]

1. 현장적용 활용

철도무선통신은 운행구간별로 3가지 통신방식이 혼용되고 있다. VHF(Very High Frequency) 방식은 아날로그 통신방식으로서 150MHz 대역에서 1:1 음성통화를 위해 운용, TRS-ASTRO (Trunked Radio System-ASTRO) 방식은 800MHz 대역을 점유하는 주파수공용 방식으로 FDMA(Frequency Division Multiple Access) 기반의 통신방식으로 음성 및 데이터통신에 사용, TRS-TETRA방식은 800MHz 대역을 점유하며 주파수공용 통신방식으로 TDMA(Time Division Multiple Access)기반으로서 음성 및 데이터통신에 사용하고 있다. 실용화 대상 연구인“철도전용 무선통신시스템(LTE-R) 기술개발 및 성능평가”는 기존에 운영하고 있는 시스템과 인터페이스 장치를 통한 통합 운영 및 일원화 추진으로 현장 적용에 적극 활용될 수 있다.

2. 실용화, 제품화

최근 강릉선(원주~강릉간), 소사~원시간 철도전용 무선통신시스템(LTE-R) 구축이 완료 되었고 정보통신단체표준 TTAK.KO-06.0437“LTE기반 철도 통신시스템 요구사항(일반· 고속철도)”, TTAK.KO-06.0438 “LTE기반 철도 통신시스템 구조(일반· 고속철도)”, TTAK.KO-06.0457 “LTE기반 철도 통신시스템과 기존 철도 통신시스템(VHF, TRS-ASTRO/TETRA)과의 상호 연동규격”, TTAK.KO-06.0458 “LTE기반 철도 통신시스템 성능시험 규격”과 일반 및 고속철도 설계기준이 마련됨에 따라 2027년까지 전국 철도망의 무선통신시스템이 LTE-R로 점진적 개량 예정으로 실질적 실용화로 계획중에 있다.

우선, 18년도에는 경부고속선 1단계의 무선통신망을 LTE-R로 개량하기 위하여 실시설계중에 있으며 효율성을 고려하여 19년부터 27년까지 노선별로 단계적 개량할 계획에 있다.

- 19년 발주 : 경북선, 충북선, 장항선, 경인선, 호남선, 경부선, 경춘선
- 20년 발주 : 영동선, 전라선, 태백선, 경부2단계, 포승평택선, 동해선, 일산선, 경원선, 경의선, 경전선, 중앙선
- 21년 발주 : 호남고속선, 판교여주선, 분당선, 호남2단계, 수서고속선, 과천선, 수인선, 안산선, 동애남부선, 포항삼척선
- 22년~27년 : 기타지선

3. 미래원천기술 확보, 사업화, 기술이전, 후속연구, 신산업 창출 등 예상되는 활용분야 및 활용

4세대 최신 양방향 통신기술인 LTE를 특화시킨 철도통합무선망(LTE-R)으로 고속 및 저속 데이터 전송이 가능하여 음성, 멀티미디어 서비스 및 사물인터넷용 데이터전송서비스의 활용과 우수한 정보처리 기능 및 휴대 가능한 단말기 사용으로 빅데이터, AI, IOT 등 4차산업 기술을 적용하는 지능형 철도서비스 적용이 가능할 것으로 판단되며, 세계 최초로 개발되는 LTE-R 무선통신망은 해외 시장 개척을 위한 시스템 설계로 국가 성장 동력으로써의 역할 기대된다.

철도의 경우 안전, 운전분야에 열차운행 실시간 제어 및 상태감시 등을 통한 철도운행 안전 시스템, 여객, 물류분야에는 실시간 열차운행정보 제공으로 고객 편의 증대, 차량, 시설, 전기 분야에서는 분야별 안전 및 유지보수 효율성 향상을 위한 시스템 등을 활용할 수 있다.

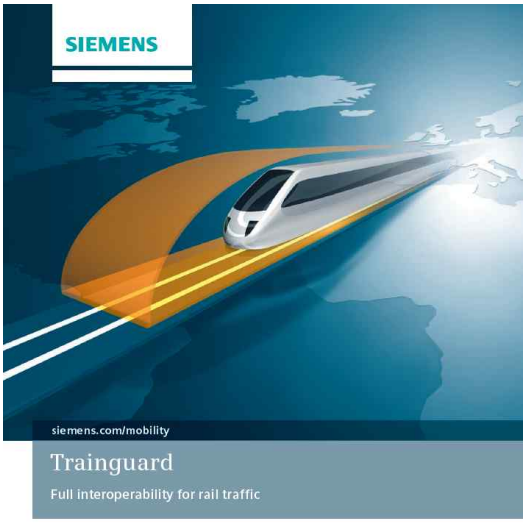
세부적으로는 LTE-R 기반의 스마트 유지보수시스템을 구축한다면 차량기지의 검수시스템과 운행중의 점검사항 전송, 운행중의 열차상태 등의 실시간 상태점검이 가능할 것으로 보며, 철도 안전사고 예방을 위하여 낙석정보를 차량으로 전송, 작업장 인근에 열차가 접근하면 작업자에게 알람을 알려주는 접근경보장치의 현대화, 지진계 등 각종 시설장비에 무선센서 네트워크를 구성하여 선로운행환경 감시시스템에 활용할 수도 있고, LTE-R 기반의 철도IoT 시스템을 구축하여 저전력의 무선통신기술을 적용한 철도IoT 망과 CCTV 영상전송 및 건널목 상태정보를 기관사에게 알리는 시스템 구현이 가능할 것으로 판단된다.

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

가. Siemens Trainguard Full interoperability for rail traffic, 2014

○ 터키 철도청(TCDD) 방문을 통해 수집된 자료

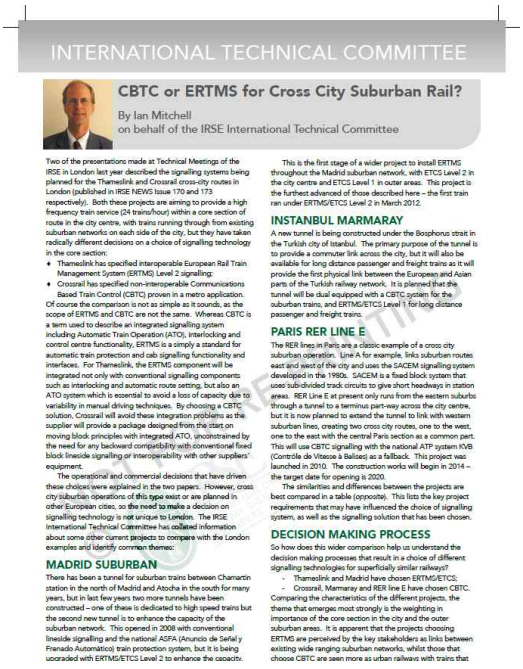
- Trainguard 시스템 개요
- Trainguard Futur 1300(ETCS Level 1 solution)
- Trainguard Futur 2500(ETCS Level 2 solution)
- Trainguard 200 RBC 등의 정보가 수록됨



나. IRIS NEWS ISSUE 188, CBTC or ERTMS for Cross City Suburban Rail?, 2013. 4

○ IRIS(가칭, 유럽철도신호기술사회)에서 발표된 논문

- ETCS 및 CBTC 시스템 간의 혼용운영으로 주목받고 있는 Thameslink, CrossRail, Madrid Suburban, Istanbul Marmaray 등 주요 노선에 대한 비교분석 결과가 수록되어 있다. 특히, 각 노선별 시스템의 주요 특징 및 해당노선에서의 운행을 위한 Solution에 대한 정보가 수록되었다.



INTERNATIONAL TECHNICAL COMMITTEE

CBTC or ERTMS for Cross City Suburban Rail?

By Ian Mitchell
on behalf of the IRSE International Technical Committee

Two of the presentations made at Technical Meetings of the IRSE in London last year described the signalling systems being planned for the Thameslink and Crossrail cross-city routes in London (published in IRSE NEWS Issue 170 and 173 respectively). Both these projects are aiming to provide a high frequency train service (24 trains/hour) within a core section of route in the city centre, with trains running through from existing suburban networks on each side of the city, but they have taken radically different decisions on a choice of signalling technology in the core section:

- Thameslink has specified interoperable European Rail Train Management System (ERTMS) Level 2 signalling;
- Crossrail has specified non-interoperable Communications Based Train Control (CBTC) proven in a metro application.

Of course the comparison is not as simple as it sounds, as the scope of ERTMS and CBTC are not the same. Whereas CBTC is a term used to describe an integrated signalling system including Automatic Train Operation (ATO), interlocking and control centre functionality, ERTMS is a simply a standard for automatic train protection and cab signalling functionality and interfaces. For Thameslink, the ERTMS component will be integrated not only with conventional signalling components such as interlocking and automatic route setting, but also an ATO system which is essential to avoid a loss of capacity due to variability in manual driving techniques. By choosing a CBTC solution, Crossrail will avoid these integration problems as the supplier will provide a package designed from the start on moving block principles with integrated ATO, unconstrained by the need for any backward compatibility with conventional fixed block lineside signalling or interoperability with other suppliers' equipment.

The operational and commercial decisions that have driven these choices were explained in the two papers. However, cross city suburban operations of this type exist or are planned in other European cities, so the need to make a decision on signalling technology is not unique to London. The IRSE International Technical Committee has collated information about some other current projects to compare with the London examples and identify common themes:

MADRID SUBURBAN

There has been a tunnel for suburban trains between Chamartin station in the north of Madrid and Atocha in the south for many years, but in last few years two more tunnels have been constructed – one of these is dedicated to high speed trains but the second new tunnel is to enhance the capacity of the suburban network. This opened in 2008 with conventional lineside signalling and the national ASFA (Anuncio de Señal y Frenado Automático) train protection system, but it is being upgraded with ERTMS/ETCS Level 2 to enhance the capacity.

This is the first stage of a wider project to install ERTMS throughout the Madrid suburban network, with ETCS Level 2 in the city centre and ETCS Level 1 in outer areas. This project is the furthest advanced of those described here – the first train ran under ERTMS/ETCS Level 2 in March 2012.

INSTANBUL MARMARAY

A new tunnel is being constructed under the Bosphorus strait in the Turkish city of Istanbul. The primary purpose of the tunnel is to provide a commuter link across the city, but it will also be available for long distance passenger and freight trains as it will provide the first physical link between the European and Asian parts of the Turkish railway network. It is planned that the tunnel will be dual equipped with a CBTC system for the suburban trains, and ERTMS/ETCS Level 1 for long distance passenger and freight trains.

PARIS RER LINE E

The RER lines in Paris are a classic example of a cross city suburban operation. Line A for example, links suburban routes east and west of the city and uses the SACEM signalling system developed in the 1980s. SACEM is a fixed block system that uses sub-divided track circuits to give short headways in station areas. RER Line E at present only runs from the eastern suburbs through a tunnel to a terminus part-way across the city centre, but it is now planned to extend the tunnel to link with western suburban lines, creating two cross city routes, one to the west, one to the east with the central Paris section as a common part. This will use CBTC signalling with the national ATP system KVB (Contrôle de Vitesse à Balises) as a fallback. This project was launched in 2010. The construction works will begin in 2014 – the target date for opening is 2020.

The similarities and differences between the projects are best compared in a table (opposite). This lists the key project requirements that may have influenced the choice of signalling system, as well as the signalling solution that has been chosen.

DECISION MAKING PROCESS

So how does this wider comparison help us understand the decision making processes that result in a choice of different signalling technologies for superficially similar railways?

- Thameslink and Madrid have chosen ERTMS/ETCS;
- Crossrail, Marmaray and RER line E have chosen CBTC.

Comparing the characteristics of the different projects, the theme that emerges most strongly is the weighting in importance of the core section in the city and the outer suburban areas. It is apparent that the projects choosing ERTMS are perceived by the key stakeholders as links between existing wide ranging suburban networks, whilst those that choose CBTC are seen more as urban railways with trains that

다. ERTMS_Commercial_contracts_UNIFE, 2016

○ ERTMS Conference 2016 참가를 통해 수집된 자료

전 세계에서 건설된 또는 추진 중인 ETCS 프로젝트에 대한 통계자료로 전 세계 45개국 396개의 프로젝트에 대하여, 프로젝트명, 개통일, 운행레벨 등이 수록되어 있다. 특히, 각 프로젝트별 지상/차상 공급사가 상이하고, ETCS Level 1 시스템을 200km/h 이상 고속철도 노선에 적용한 사례를 확인 할 수 있었다.

		396 records out of 396	Customers	Contract Dates			Contract Details	ERTMS Level				Trainborne Description			Lines Description		
Geo Area	Country	Project Name	Primary Customer	Order date	Contract	In Service date	Trackside	L1	L2	L3	ETCS Regional	Vehicles n°	OBU n°	New or	Route	Track	New line or
Afr_ME	Algeria	Annaba - Ramdane Djamel	ANESRIF & SNTF	2006	2010		TRK	x	x			0	0		96	192	
Afr_ME	Algeria	Beni Mansour – Bejaia	ANESRIF & SNTF	2014	2019		TRK	x							87	175	Retro
Afr_ME	Algeria	Bordj Bou Arreridj - El Gourl	ANESRIF & SNTF	2008	2010	2012	TRK	x	x			0	0		226	452	
Afr_ME	Algeria	El Khemis - Oued Sly	ANESRIF & SNTF	2006	2010		TRK	x	x			0	0		104	208	
Afr_ME	Algeria	Senia - Arzew	ANESRIF & SNTF	2010	2014		TRK	x				0	0		43	43	
Afr_ME	Algeria	Saida - Moulay Slissen	ANESRIF & SNTF	2010	2012		TRK	x				0	0		120	120	
Afr_ME	Algeria	Saida - Tiaret	ANESRIF & SNTF	2013	2016		TRK	x				0	0		153	153	New
Afr_ME	Algeria	Boughezoul - M'Sila	ANESRIF & SNTF	2011	2014	2014	TRK	x				0	0		151	151	New
Afr_ME	Algeria	Oued Tlelat - Tlemcen	ANESRIF & SNTF	2013	2016		both	x	x			15	15		130	260	New
Afr_ME	Algeria	Tissemsilt - Boughezoul	ANESRIF & SNTF	2011	2014	2015	TRK	x				0	0		139	139	New
Afr_ME	Algeria	Thénia - Tizi Ouzou	ANESRIF & SNTF	2012	2013		TRK	x				0	0		55	55	Retro
Afr_ME	Algeria	Mecheria - El Bayadh	ANESRIF & SNTF	2012	2015		TRK	x				0	0		129	129	New
Afr_ME	Algeria	PAFRA 2 - Connexion to Airport	ANESRIF & SNTF	2014			TRK	x				0	0		2	2	New
Afr_ME	Algeria	Algier network	ANESRIF & SNTF	2015	2019		TRK	x				0	0		140	140	Retro
Afr_ME	Algeria	GT45AC Locos	EMD	2015	2015	2016	TRB		x			30	30	New			
Afr_ME	Algeria	Birtouta - Zeralda	Yapi Merkezi	2014	2016		TRK	x				0	0		23	46	New
Afr_ME	Algeria	Djelfa – Laghouat	ANESRIF & SNTF	2012	2015		TRK	x				0	0		110	110	
Ocean	Australia	Adelaide	rt and Infrastructure)	2013	2015		both	x				38	38	Retro	120	120	Retro
Ocean	Australia	Queensland Rail Next Generation EMUs	ensland Government	2014			TRB	x				75		New			
Ocean	Australia	Sydney Network AP1	Railcorp	2011	2017		both	x				164	166	Retro	600	1200	Retro
Europe	Austria	Vienna - Nikolelsdorf	OBB	2002	2004	2004	both	x				13	13	Retro	67	134	Retro
Europe	Austria	Vienna - Salzburg/ Passau	OBB	2005	2010		TRK	x				0	0		344	688	Retro
Europe	Austria	Phase 1 - Vienna - St Pölten	OBB	2009	2012		TRK		x			0	0		60	120	New
Europe	Austria	Phase 2 - Neubaustrecke - Unterinntal	OBB	2009	2012		TRK		x			0	0		38	76	
Europe	Austria	Phase 3 - Bestandsstrecke - Brennerachse	OBB	2009	2012		TRK		x			0	0		24	48	
Europe	Austria	Vehicles - 3 Classes of Locos & trains	OBB	2010	2014		TRB	x	x			449	449	Retro	0	0	
Europe	Austria	Stadler Double Deck Vehicles	Westbahn	2010	2012	2012	TRB		x			24	48		0	0	
Europe	Austria	ES 64 U4 Retrofit	CargoServ	2013	2015		TRB		x			4	4	Retro			
Europe	Austria	ES 64 U4 Retrofit	LTE	2013	2015		TRB		x			1	1				
Europe	Austria	ES 64 U4 Retrofit	STB	2013	2015		TRB		x			2	2				
Europe	Austria	ES 64 U4 Retrofit	WLC	2013	2015		TRB		x			6	6				
Europe	Austria	maintenance vehicles - 3 types	OBB	2011	2015		TRB	x	x			16	16	Retro	0	0	
Europe	Austria	ES 64 U4 Retrofit	RTS	2014	2015		TRB		x			1	1	Retro			
Europe	Austria	Desiro ML EMU	OBB	2015	2016		TRB		x			36	36	Retro			
Europe	Austria	Vectron AC	CargoServ	2013	2014		TRB		x			1	1				
Europe	Austria	Vectron AC	WLC	2014	2014		TRB		x			1	1				
Europe	Austria	Nordbahn	OBB	2011	2013		TRK		x			0	0		78	156	New
Europe	Belgium	HSL 3 (Liege - Aachen)	SNCB	2003	2008	2009	TRK	x	x			0	0		40	80	New
Europe	Belgium	HSL 4 (Antwerpen - Dutch Border)	SNCB	2003	2008	2009	TRK	x	x			0	0		40	80	New
Europe	Belgium	ETCS L1 equipments for network	Infrabel	2003	2010	2010	TRK	x				0	0		850	1228	Retro
Europe	Belgium	Vehicles Eurosprinter ES60 U3/HLE18	SNCB	2007	2010	2011	TRB	x				60	60	New	0	0	
Europe	Belgium	T13 Locomotives / 111 Cars	SNCB	2007	2013		TRB	x				81	81	Retro	0	0	
Europe	Belgium	DDM6 Cars - 1	SNCB	2004	2007	2009	TRB	x				50	50	Retro	0	0	
Europe	Belgium	DDM6 Cars - 2	SNCB	2007	2009	2010	TRB	x				10	10	Retro	0	0	
Europe	Belgium	Desiro ML EMU	SNCB	2008	2012	2012	TRB	x				305	305		0	0	
Europe	Belgium	DDM6 Cars - 3	SNCB	2008	2011	2011	TRB	x				4	4	Retro	0	0	
Europe	Belgium	SNCB Retrofit	SNCB	2014	2020	2018	TRB	x					449	Retro	0	0	Retro
Europe	Belgium	Vehicles Eurosprinter ES60 U3 - HLE16	SNCB	2009	2012		TRB	x	x			60	60	New	0	0	
Europe	Belgium	ETCS L2 rolout complete Network	Infrabel	2015	2025		TRK		x						1000	2000	Retro
Europe	Belgium	Geismar maintenance vehicles L2	Infrabel	2010	2013		TRB	x	x			2	2		0	0	
Europe	Belgium	"ETCS L1/TBL1+" -National Network fitment	Infrabel	2011	2018	2018	TRK	x				0	0		2000	4000	Retro
Lat_Am	Brazil	Metropolitan Infrastructure of Rio de Janeiro	SuperVia	2011	2013	2013	both	x				156	312		155	310	
Europe	Bulgaria	Sofia - Burgas	BDZ	1999	2001		TRK	x				0	0		450	900	Both
Europe	Bulgaria	Vehicles	BDZ	1999	2001		TRB	x				130	130	Retro	0	0	
Europe	Bulgaria	Vidin - Calafat	FCC	2011			TRK	x				0	0		25	42	New
Europe	Bulgaria	Plovdiv - Svilengrad	MoT/NRIC	2007	2010		TRK	x				0	0		150	200	Retro
Lat_Am	Chile	Alameda-Nos	EFE	2013	2015		both	x				12	24	Retro	22	88	Retro
Asia	China	Wuhan - New Guangzhou	CRSC	2007	2010	2010	both		x			60	120	New	1069	2138	New
Asia	China	Beijing - Tianjin	MOR	2006	2008		both	x				60	120	New	117	234	New
Asia	China	Tianjin-Qinhuangdao	CRSC	2012	2013	2013	TRK		x						287	574	New
Asia	China	Shanghai - Nanjing	CRSC	2010	2010	2010	TRK		x						301	602	New
Asia	China	Shanghai - Hangzhou	CRSC	2009	2010	2010	TRK		x						202	404	New
Asia	China	Vehicle equipment - 1	CRSC	2010	2010	2010	TRB		x			160	320	New		0	
Asia	China	Zhengzhou - Xi'an	MOR	2006	2010	2010	both		x			30	60	New	458	916	New
Asia	China	Harbin - Dalian	CRSC	2011	2012	2012	TRK		x						921	1842	New
Asia	China	Beijing - Shanghai	CRSC	2011	2011	2011	TRK		x						1318	2636	New
Asia	China	Hangzhou - Ningbo	MOR	2009	2011	2010	TRK		x						150	300	New
Asia	China	Guangzhou - Shengzhen - Hong Kong	MOR	2006	2010	2010	both		x			20	40	New	100	200	New
Asia	China	Nanjing-Hangzhou	CRSC	2012	2012	2012	TRK		x						249	498	New
Asia	China	Hangzhou-Changsha	CRSC	2012	TBD	TBD	TRK		x						933	1866	New
Asia	China	Changsha-Huaihua	CRSC	2014	2014	2014	TRK		x						300	600	New
Asia	China	Hangzhou-Nanchang	CRSC	2014	2014	2014	TRK		x						591	1182	New
Asia	China	Panjin – Yingkou	CRSC	2012	2012	2012	TRK		x						90	180	New
Asia	China	Hefei-Bengbu	CRSC	2012	2012	2012	TRK		x						132	264	New
Asia	China	Vehicle equipment - 2	CRSC	2011	2011	2011	TRB		x			120	240	New			
Asia	China	Beijing-Shijiazhuang	CRSC	2010	2012	2012	TRK		x						469	938	New
Asia	China	Vehicle equipment - 3	CRSC	2013	2014	2014	TRB		x			51	102	New			
Asia	China	Vehicle equipment - 4	CRSC	2014	2014	2014	TRB		x			143	286	New			
Asia	China	Vehicle equipment - 5	CRSC	2014	2015	2015	TRB		x			190	380	New			
Asia	China	Hefei-Fuzhou	CRSC	2013	2015	2015	TRK		x						852	1704	New
Asia	China	Huaihua-Kunming	CRSC	2014	2015	2015	TRK		x						867	1734	New
Asia	China	Tianjin-Tanggu	CRSC	2015	2015	2015	TRK		x						40	80	Retro
Asia	China	Chengdu -Chongqing	CRSC	2015	2015	2015	TRK		x						309	618	New
Asia	China	Jinqin Extension	CRSC	2015	2015	2015	TRK		x						45	90	New
Asia	China	Huaihua to Guiyang North	CRSC	2015	2015	2015	TRK		x						286	572	New
Asia	China	Hefei-Fuzhou	CRSC	2015	2015	2015	TRK		x						852	1704	New

라. ERTMS Conference 2014, How innovation can contribute to achieve interoperable, high performance, cost effective Advance Traffic Management and Control Systems, UNIFE

○ 터키 철도청(TCDD) 방문을 통해 수집된 자료

유럽의 Horizon2020 프로젝트, Shift2Rail IP2 프로젝트, NGTC(New Generation Train Contol) 프로젝트에 관한 정보가 수록되어 있다. 특히, NGTC 프로젝트에 관한 정보를 수

집함으로써 미래 철도기술에 대한 ETCS, CBTC 기능요구사항 분석에 많은 도움이 되었다.

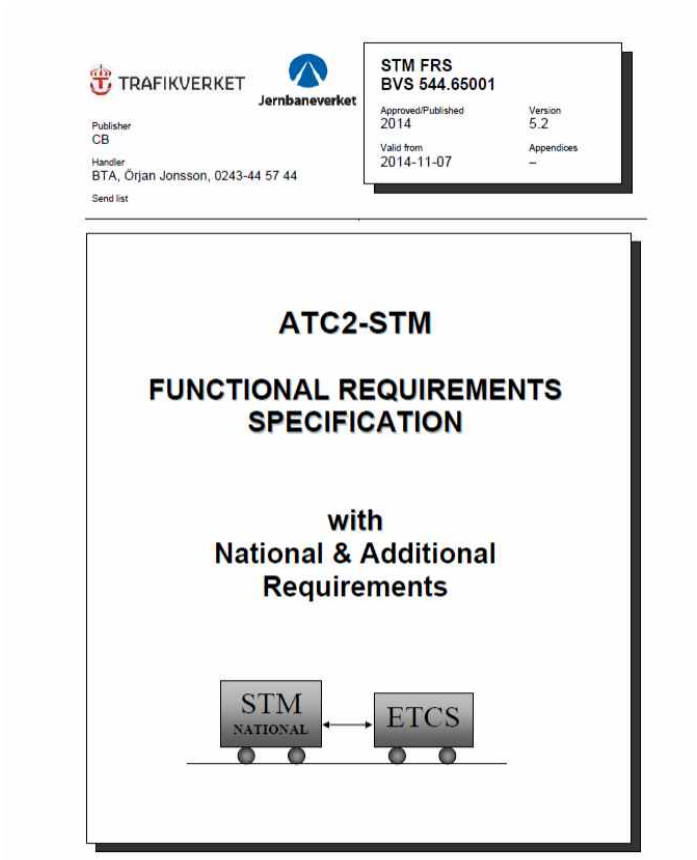


라. STM Functional Requirements Specification, TRAFICVERKET, 2014.11.07.

○ 인도 InnoRail 2016 참가를 통해 수집된 자료

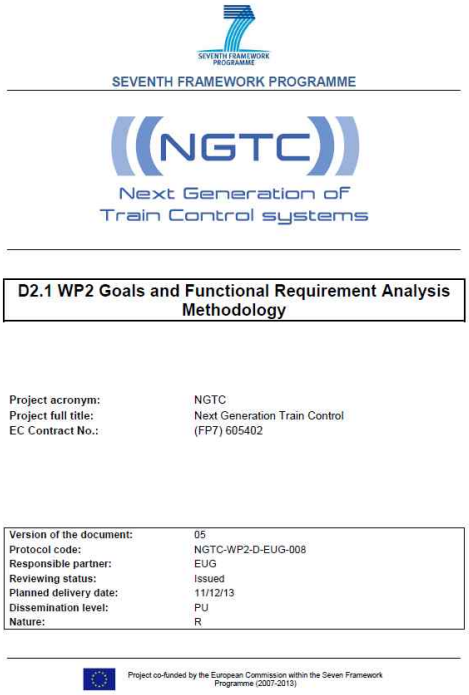
네덜란드 Zevenaar - 독일 Emmerich 간 레벨전환 절차 확인할 수 있다.

- 구 간 : 네덜란드 Zevenaar - 독일 Emmerich
- 레벨전환 : ETCS Level 2 ↔ ATB ↔ PZB
- 인프라 관리자 : 네덜란드 Prorail, 독일 DB Networks



마. D2.5_FRS_for_NGTC_PRELIMINARY (출처 : www.ngtc.eu)

- NGTC 예비연구 보고서



SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME

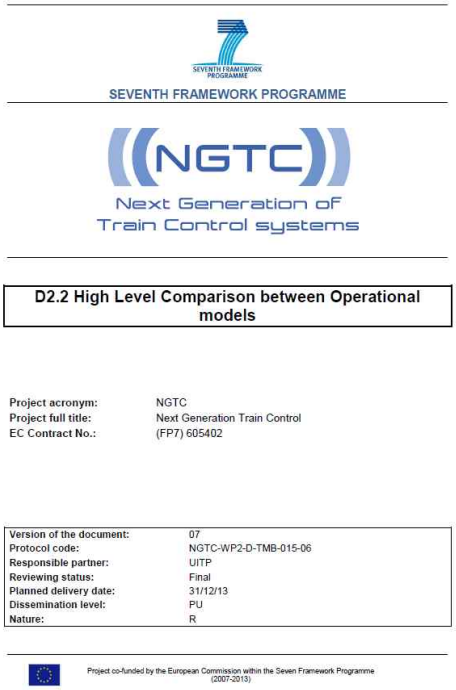
NGTC
Next Generation of Train Control systems

D2.1 WP2 Goals and Functional Requirement Analysis Methodology

Project acronym:	NGTC
Project full title:	Next Generation Train Control
EC Contract No.:	(FP7) 605402

Version of the document:	05
Protocol code:	NGTC-WP2-D-EUG-008
Responsible partner:	EUG
Reviewing status:	Issued
Planned delivery date:	11/12/13
Dissemination level:	PU
Nature:	R

Project co-funded by the European Commission within the Seven Framework Programme (2007-2013)



SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME

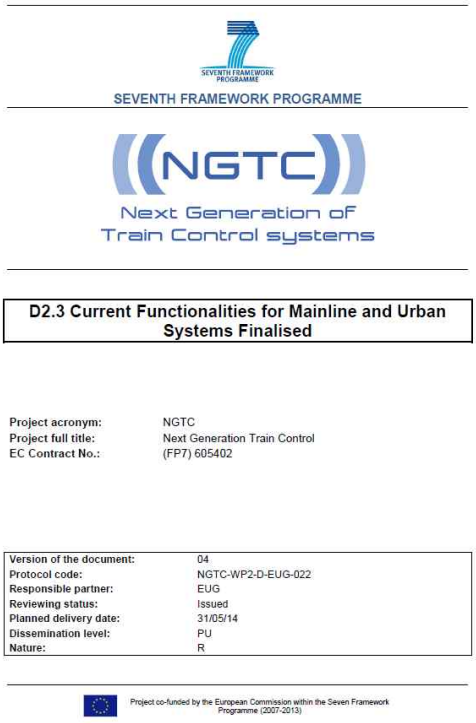
NGTC
Next Generation of Train Control systems

D2.2 High Level Comparison between Operational models

Project acronym:	NGTC
Project full title:	Next Generation Train Control
EC Contract No.:	(FP7) 605402

Version of the document:	07
Protocol code:	NGTC-WP2-D-TMB-015-06
Responsible partner:	UITP
Reviewing status:	Final
Planned delivery date:	31/12/13
Dissemination level:	PU
Nature:	R

Project co-funded by the European Commission within the Seven Framework Programme (2007-2013)



SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME

NGTC
Next Generation of Train Control systems

D2.3 Current Functionalities for Mainline and Urban Systems Finalised

Project acronym:	NGTC
Project full title:	Next Generation Train Control
EC Contract No.:	(FP7) 605402

Version of the document:	04
Protocol code:	NGTC-WP2-D-EUG-022
Responsible partner:	EUG
Reviewing status:	Issued
Planned delivery date:	31/05/14
Dissemination level:	PU
Nature:	R

Project co-funded by the European Commission within the Seven Framework Programme (2007-2013)



SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME

NGTC
Next Generation of Train Control systems

D2.4 Future Requirements Compared and Finalised

Project acronym:	NGTC
Project full title:	Next Generation Train Control
EC Contract No.:	(FP7) 605402

Version of the document:	03 (Preliminary Release)
Protocol code:	NGTC-WP2-D-EUG-036
Responsible partner:	EUG
Reviewing status:	WP2 Approved
Planned delivery date:	31/07/14
Dissemination level:	PU
Nature:	R

Project co-funded by the European Commission within the Seven Framework Programme (2007-2013)

○ 봄바디아社

- 봄바디아社의 열차제어시스템은 독자적인 플렛폼을 개발하여 안전성, 효율성, 유지보수성에 대해 자부하며, 전자연동장치 또한 글로벌 회사답게 어느 국가에 납품하여도 적용가능

하도록 확장성 있게 제작됨

- 봄바디아社에서 설치한 ETCS Regional 은 단선노선으로 화물열차만 운행하며 운행량 또한 많지 않고 건널목보안장치는 안전을 위해 궤도회로를 사용하고 있었으며, 카자흐스탄에 설치된 ETCS Level 3 또한 역구내는 ETCS Level 1 또는 Level 2를 적용하고 역간에 한하여 ETCS Level 3를 적용하며 건널목보안장치는 궤도회로를 사용

○ 스웨덴 교통공단(Trafikverket) CTC사령실

- 스웨덴 교통공단(Trafikverket)의 Ange 사령실은 ETCS Level 2를 운영하고 있는 곳으로 전자연동장치와 CTC장치는 2중계로 구성하고 무선폐색센터(RBC)는 1대를 설치하여 운영하고 있었으며, 예비 RBC 한 대는 다른 지역에 설치하여 화재 및 비상사태에 대비 하도록 설계됨
- 사령실의 건설비, 유지보수 비용을 절감하기 위해 대형표시판넬(DLP)을 설치하지 않았으며, 관제사 모니터의 색깔 및 아이콘은 색상전문가의 자문을 통해 눈의 피로가 적은 색상을 선택하는 등 설계 시부터 운영자 측면을 고려한 것은 본 연구과제에 반영 할 필요가 있음

○ 스웨덴 차량기지 방문 결과

- 차량은 설비의 간소화를 위해 차상컴퓨터는 1편성에 1대(중간 객차) 설치하였으며, 기관사의 운전취급 및 지상신호 수신을 위해 MMI 및 BTM(안테나 포함)은 PC1, PC2 기관실에 각각 설치되어 있음
- 하부 설비중 도플러 센서는 분산제어로 인한 공전 등의 영향이 적을 것으로 판단하여 설치하지 않는 등 고가의 ETCS 차상장치의 가격을 낮추려는 활동들이 진행됨
- 실제 운행 중인 차량의 차상컴퓨터, 무선통신장치, MMI 등의 구성을 직접 확인 할 수 있었으며, 차상안테나, 타코미터 등 차량 하부설비 및 GSM-R 안테나 등 차량 상부설비에 대한 기술조사 및 습득

○ 탈레스社 방문 결과

- 국내에는 경춘선 및 전라선에 ETCS Level 1 지상장치를 컨소시엄 형태로 참여하여 공급하였으며, 무선을 통해 원격으로 선로변제어유니트(LEU)의 텔레그램을 변경하고 임시제한속도를 지정하는 장치를 개발하여 고속철도에 적용
- 탈레스社의 다양한 열차제어 장치들에 대한 기술 자료를 확보하였으며, 선로변제어유니트(LEU) 원격감시 등 유지보수에 관련 있는 내용은 주관본부(신호제어처)에 출장을 통해 확보된 자료 등을 공유하여 신호설비 유지보수 효율화에 적용하도록 추진 예정

○ adif 유지보수센터 방문 결과

- 신호 유지보수센터는 최소의 인력으로 유지보수를 위해 신호설비 2중계 및 다양한 감시설비를 구축하였으며, 원격으로 발리스의 임시제한속도를 설정하는 시스템을 갖추고 있어 작업자 보호 등 안전성 확보
- 유지보수센터 방문 시 renfe 기관차 탑승을 하였으며 GSM-R 취급절차를 확인하였고, ETCS Level 1 차량은 신호현시와 무관하므로 신호등에 정지신호 점등 및 녹색신호 점멸하도록 현시하여 기관사가 신호등을 무시하도록 현시

○ 멀티텔

- 성능검증 기관으로 시험불합격시 사유 등을 기록하기 위해 표준규격(SUBSET)에 대한 완

변한 이해를 요구하고 있으며 통상 1년 정도의 교육을 수행한 이후 성능검증 시험에 참여 가능

- 본 연구과제의 성능검증을 위한 성능검증장비의 운용에 대하여 원리 및 절차 습득

제7장. 연구개발성과의 보안등급

보안등급 분류	보안	일반
		√
결정 사유	· 본 과제의 최초 목적에 따라 일반 등급으로 결정됨. · 또한 본 과제의 현장 시험은 영업 운전에 영향을 미치지 않는 범위에서 수행되므로 일반 등급으로 결정함.	

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설 · 장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

○ 통합시험실 및 현장 신호계전실, 선로변 현장에서의 위험원 도출 및 관리

- 위험원 도출
  * 통합시험실 및 현장 신호계전기실에서의 화재
  * 통합시험실 및 현장 신호계전기실에서의 감전
  * 선로변 현장에서의 감전
  * 선로변 현장에서의 열차사고
- 안전관리 대책 수립
  * 작업자 안전관리 교육
  * 소화기 등 화재 안전시설 구비
  * 전기누설이 감소되도록 시스템 설계
  * 철도안전 관련 규정 준수

○ 추석 연휴 및 대수송기간 대비 안전점검

- 호남고속선 시험선 구간(105.140㎞~157.984㎞) 지상설비 가변 및 고정발리스 설치 12개소 안전점검 수행(2017. 09. 25.)
- 호남고속선 시험선 점검 전 작업자 안전교육 및 정읍고속 신호제어사업소 업무협의 시행
- 각 해당 개소 가변 및 고정발리스 및 커버 취부상태 점검 결과 양호
- 해당 기간 안전계획업무 담당자 지정

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	논문	일반·고속철도용 무선기반 열차제어시스템 (KRTCS_2-2) 표준사양 개발	한국철도 시설공단	제1저자/교신저자	한국철도 학회논문집		2016.12.	단독	비SCI,
2	논문	일반 및 고속철도용 한국형열차제어시스템 확대적용 방안 연구	한국철도 시설공단/㈜에이알텍	공동 저자	대한전기 학회		2017.03.	단독	비SCI,
3	논문	SIL4 안전관련 시스템에 적합한 출력모듈의 구조 설계에 대한 연구	철도신호 사업연구 조합	논문 게재	한국전자 통신학회		2015.10	단독	비SCI
4	논문	CBTC, ATC 열차제어시스템간 상호운영을 위한 차상장치 설계 및 안전확보 방안	네오트랜스주식회사	논문 게재	한국전자 통신학회 논문지		2015.08.31	단독	비SCI
5	논문	철도무선신호제어시스템 실용화의 기회가치성을 고려한 경제성분석 체계 정립	서울대학교	논문 게재	한국철도 학회논문집		2016.6	단독	비SCI

1	홍보	2015 국토교통기술대전	한국철도공사	협동	코엑스		2015.06.24.~06.26.		
2	홍보	KORAIL의 ATP현황과 상호운영성 전략	한국철도공사	협동	한국철도신호기술협회 신호지		2015.07.		
3	발표	국내 열차제어시스템의 용어 정의에 관한 연구	한국철도공사	협동	대한민국		2015.10.22.		
4	소프트웨어	통합시험실용 열차제어시뮬레이터	유경제어(주)	공동	대한민국		2016.02.25.		
5	게재	국내 ETCS Level 2 열차제어시스템의 무선폐색센터 성능검증에 관한 연구	한국철도공사, 유경제어㈜	협동, 공동	한국도시철도학회논문집		2016.03.		비SCI
6	시작품	호남고속선 시험선 인터페이스 시스템	유경제어(주)	공동	대한민국		2016.04.28.		
7	발표	한국형 열차제어시스템 기능별 분류에 관한 연구	한국철도공사	협동	대한민국		2016.05.19.		
8	발표	LTE-R기반 350㎞/h급 일반고속철도용 열차제어시스템(KRTCS) 기술 분석	한국철도시설공단	공동	대한민국		2016.05.19.		
9	발표	ETCS Level 2 기반 열차제어시스템 성능 확보를 위한 LTE-R 성능 파라메터 분석에 관한 연구	유경제어(주)	공동	대한민국		2016.05.19.		
10	홍보	2016 국토교통기술대전	한국철도공사	협동	코엑스		2016.05.25.~05.27.		
11	발표	일반 및 고속철도용 한국형 열차제어시스템 CTC-RBC 간 인터페이스에 관한 연구	한국철도공사	협동	대한민국		2016.06.24.		
12	홍보	ERTMS Solutions社 홈페이지 홍보	한국철도공사, ㈜엔비플러스	협동, 공동	-		2016.09.		
13	발표	A study on the Performance Verification of Radio Block Center(RBC) for ETCS level 2 train control system in Korea	유경제어(주)	공동	대한민국		2016.10.19.		
14	발표	Study on the method with a design criteria of KRTCS using LTE-R radio communication network for Conventional & High speed railway	한국철도시설공단	공동	대한민국		2016.10.19.		
15	발표	한국형 무선통신기반 열차제어시스템 인터페이스 구성 연구	한국철도공사	협동	대한민국		2016.10.20.		
16	특허	열차 제어를 위한 무선 통신 방법 및 이를 수행하기 위한 안전 전송 유닛	한국철도공사, 유경제어(주)	협동, 공동	대한민국		2017.02.		
17	시작품	원주-강릉 시험선 구간 인터페이스 장비	유경제어(주)	공동	대한민국		2017.02.17.		
18	게재	일반 및 고속철도용 한국형열차제어시스템 확대적용방안 연구	한국철도시설공단	공동	대한전기학회지		2017.03.		비SCI

19	특허	RBC와 RBC간 통신 인터페이스 시스템	한국철도공사, ㈜엔비플러스	협동, 공동	대한민국		2017.05.		
20	홍보	2017 국토교통기술대전	한국철도공사	협동	부산		2017.05.24.~05.26.		
21	게재	A Study on the Method with Design Criteria of KRTCS using LTE-R Radio Network for Conventional & High Speed Railway Through the Analysis of Design Criteria of the Trackside System	한국철도시설공단	공동	대한민국		2017.12.		비SCI
22	게재	350km/h급 열차주행 조건에서 선로변 발리스의 시험선 실증시험	유경제어㈜	공동	대한민국		2018.03.		비SCI
23	게재	무선통신기반 열차제어시스템 호환계층 구조연구	㈜엔비플러스	공동	대한민국		2018.05.		비SCI

번호	구분 (논문/특허/기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/ 인용 횟수 등)
1	표준	LTE 기반 철도통신시스템 요구사항	ETRI	주저자	TTA		2016.12.16	단독	
2	표준	LTE 기반 철도통신시스템구조	ETRI	주저자	TTA		2016.12.16	단독	
3	표준	LTE 기반 철도통신시스템성능 시험 규격	ETRI	주저자	TTA		2017.12.	단독	
4	표준	기존통신망 연동 표준	ETRI	주저자	TTA		2017.12.	단독	
5	표준	단말 최적화 기술보고서	ETRI	주저자	TTA		2016.10.	단독	
6	SW	철도무선통신시스템 경제성 예측 프로그램	ETRI	주저자			2017.08.26.	단독	
7	논문	철도 무선통신망 연동 방안 연구	중원대	주저자	한국전자통신학회논문지		2015.06.23.	단독	
8	논문	부분차등변조 방식을 이용한 협력네트워크에서의 중계 위치의 영향	중원대	주저자	한국전자통신학회논문지		2015.06.30.	단독	
9	논문	철도 무선통신을 위한 단일 RF 체인을 사용하는 고이득 빔포밍 패치 ESPAR 안테나 설계 및 분석	ETRI	주저자	전자파학회		2015.08.31.	단독	
10	논문	LTE 기반 철도통신 시스템 기술개발 동향	ETRI	주저자	한국전자통신학회논문지		2016.03.31.	단독	
11	논문	철도환경에서 혼합 중계 프로토콜을 이용한 협력 네트워크의 성능	중원대	주저자	한국전자통신학회논문지		2016.03.31.	단독	
12	논문	철도 무선통신망 연동방안 비교	중원대	주저자	한국전자통신학회논문지		2016.08.31.	단독	
13	논문	LTE 기반의 철도무선통신망과 국가재난안전통신망 공동구축에 따른 전파간섭 분석 및 공존방안 연구	ETRI	주저자	한국통신학회 논문지		2017.06.30.	단독	
14	논문	OFDM 기반 고속 철도통신 시스템의 ICI 소거 기법 연구	ETRI	주저자	한국통신학회 논문지		2017.08.31.	단독	
15	논문	A robust ICI suppression based on an adaptive equalizer for very fast time-varying channels in LTE-R systems	ETRI	주저자	EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking		2018.01.18.	단독	

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	기타	FRMCS 서비스 및 장치 프레임워크에 대한 위치 USE CASES	ETRI	기고	3GPP				
2	기타	Interworking with legacy systems including GSM-R and TRS 에 대한 USE CASES	ETRI	기고	3GPP				
3	기타	미래철도이동통신시스템 (FRMCS) 기본원칙 개요	ETRI	기고	3GPP				
4	기타	미래철도이동통신시스템 (FRMCS) 시스템 개요 주요 특징	ETRI	기고	3GPP				
5	기타	광대역미션크리티컬 연속서비스에 대한 USE CASES	ETRI	기고	3GPP				
6	기타	실시간열차상태모니터링 관련 통제기능 서비스 제공에 대한 USE CASES	ETRI	기고	3GPP				
7	기타	LMR과 연동 동안 통화우선순위 제공에 대한 USE CASES	ETRI	기고	3GPP				
8	기타	차상 단말에서 열차정보 전송	ETRI	기고	3GPP				
9	기타	사용자 확인 방법에 대한 USE CASES	ETRI	기고	3GPP				
10	기타	미래철도이동통신시스템 명명 확인 (naming authority) 에 대한 USE CASES	ETRI	기고	3GPP				
11	기타	미래철도이동통신시스템 기고 가이드라인	ETRI	기고	3GPP				
12	기타	RSTT 보고서 개정 제안	ETRI	기고	AWG				
13	기타	철도인터넷 접속	ETRI	기고	AWG				
14	기타	RSTT 주파수 보고서 개정 제안	ETRI	기고	ITU-R				
15	기타	RSTT Usage 보고서 개정 제안	ETRI	기고	ITU-R				

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	논문 게재	철도 무선통신 기술동향 및 국내 운용현황	한국철도공사	주저자	한국전자통신학회 논문지	-	2016.04.30	단독	-
2	논문 게재	철도환경에서 듀얼홉 통신시스템을 적용한 하향링크 성능	한국철도공사	공동저자	한국전자통신학회 논문지	-	2017.02.29	단독	-
3	논문 게재	테스트베드상에서 LTE기반 철도무선통신 시스템의 성능측정	한국철도공사	주저자	한국전자통신학회 논문지	-	2017.10.29	단독	-
4	특허 등록	열차통신용 상호연동시스템	한국철도공사/씨그널정보통신	-	대한민국	-	2016.08.25	-	-
5	특허 등록	LTE-R 철도신호제어를 위한 QoS정책 분배방법 및 시스템	한국철도공사/이루온	-	대한민국	-	2016.12.14	-	-
6	특허 등록	고속이동체용 듀얼밴드 패치 안테나 장치	한국철도공사/회명정보통신	-	대한민국	-	2017.08.18	-	-
7	특허 등록	고속열차용 통합무선통신장치	한국철도공사/회명정보통신	-	대한민국	-	2017.10.25	-	-

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
8	특허 출원	PTT용 이동 단말기에서 터치스크린의 터치락 제어방법	한국철도공사/ 에이엠 텔레콤	-	대한민국	-	2016.05.11	-	-
9	디자인 등록	휴대용 단말기	한국철도공사/ 에이엠 텔레콤	-	대한민국	-	2016.06.28	-	-
10	SW 등록	Dispatch	씨그널 정보통신	-	대한민국	-	2016.02.25	-	-
11	SW 등록	철도전용 휴대단말기	에이엠 텔레콤	-	대한민국	-	2016.06.07	-	-
12	SW 등록	LTE-R 열차무선 TRCP 프로그램	회명정 보통신	-	대한민국	-	2017.01.26	-	-
13	SW 등록	LTE-R 열차무선 TCI 프로그램	회명정 보통신	-	대한민국	-	2017.01.26	-	-
14	SW 등록	LTE-R 기반 QoS 제어기술	이루온	-	대한민국	-	2017.02.06	-	-
15	SW 등록	LTE-R 기반 QoS 운영관리시스템	이루온	-	대한민국	-	2017.02.06	-	-
16	인증서 획득	ASTRO시스템 시험성적서 (환경시험/ 전자파시험)	한국철도공사/ 씨그널 정보통신	-	대한민국	-	2017.02.20	-	-
17	인증서 획득	TETRA시스템 시험성적서 (환경시험/ 전자파시험)	한국철도공사/ 씨그널 정보통신	-	대한민국	-	2017.02.20	-	-
18	인증서 획득	휴대단말기 IP 67	한국철도공사/ 에이엠 텔레콤	-	대한민국	-	2017.04.04	-	-
19	인증서 획득	차상단말기 무선시험성적서/ 전자파시험성적서	한국철도공사/ 회명정 보통신	-	대한민국	-	2016.08.31	-	-
20	인증서 획득	차상단말기 환경시험성적서/ 운행선로 시험성적서	한국철도공사/ 회명정 보통신	-	대한민국	-	2017.02.23	-	-
21	인증서 획득	휴대단말기 KC인증	한국철도공사/ 에이엠 텔레콤	-	대한민국	-	2017.10.13	-	-

제11장. 기타 사항

1. 타 산업 연계 및 국제협력 가능성

본 과제는 철도무선통신 및 열차제어시스템을 개발하여 실용화하는 과제이나, 그 연구내용이 철도산업에만 국한되는 것이 아니다. 무선통신기술은 이미 이동통신에서 사업화된 기술을 철도에 적합하게 응용하는 기술로 다양한 조건의 시험을 통하여 국내 이동통신 기술을 한 단계 향상시키는 효과가 있으며, 열차제어시스템 기술 또한 철도신호산업 전반에 걸쳐 혁신적인 변화를 주도할 것으로 예상되며, 이러한 내용들이 통신, 제어, 근접센서, 차량기계, Display 등 국내 산업 전반에 걸쳐 지대한 영향을 미칠 것임이 분명하다.

세계철도연맹(UIC), 유라시아 이니셔티브 등 국제적으로 이슈화되고 있는 사항과 관련하여 국제 회의나 협력체계를 구축하여 우리나라가 주도하는 LTE-R과 무선기반 열차제어시스템 기술을 표준으로 만드는 데 국제적으로 협력해야 할 가능성이 크다. 본 과제에 연구기관으로 참여하고 있는 철도공사는 UIC 멤버로서 한국전자통신연구원, 철도시설공단과 함께 LTE-R 표준화 및 열차제어시스템 기술을 널리 알리는 데 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

국가적으로 세월호 참사에 따른 대통령 담화 이후, 재난발생시 재난대응 기관 간의 의사소통과 공조를 위한 차세대기술 방식으로 PS-LTE기술을 선정하고 전국적인 재난안전통신망 구축 계획을 마련하고 현재 구체적인 사업계획 마련을 위한 정보화전략계획(ISP)에 따라 재난안전통신말 시범사업이 추진되고 있다. 재난안전통신망 시범구축의 목표와 범위에 따르면 타 통신망과 연계 부분이 포함되며, LTE 기반 철도전용 무선통신망(LTE-R)도 타 통신망 부분에 포함되어 검토되고 있으므로 연구단과 운영사(통신분야)에서는 재난안전망과 유기적 협의를 추진하고 있으며, 향후 예상되는 여러 가지 현장시험, 간섭회피, 공통되는 기술사양 등을 공유하고자 의견을 제안 또는 수용하였다.

현재의 유럽 철도무선망은 유지보수, 교통량 증가, 서비스 증가에 따라 구축 및 운영비용 증가로 다른 표준으로의 변화가 절실히 요구됨에 따라 LTE 또는 LTE-A로의 변화 연구를 시작하고 있다. 이렇게 국내외에서 무선통신망에 대해 기술 변화가 되고 있으며, 기존 무선망의 연동 측면에서 요구사항 정의를 위해 다양한 산업 연계 및 국제 협력하여 기술 개발은 물론 사업화에 본 연구 결과가 많이 기여할 것으로 예측된다.

2. 기대 효과

가. 철도산업 활성화에 기여

국내 기술로 개발된 열차제어시스템(KRTCS-2) 및 철도전용무선통신망(LTE-R) 도입으로 향후 10년간 약 57,500명의 신규 일자리 지속 고용창출 효과가 예상된다.

- 한국형 열차제어시스템(KRTCS-2) 구축계획에 따른 일자리창출 계획

(금액단위 : 억원)

구분	합 계		'21까지		'22이후	
	금액	인원	금액	인원	금액	인원
지상부분	32,673	45,415	336	467	32,037	44,948
차상부분	8,724	12,126	45	63	8,679	12,063

- 기준 : 한국은행 취업유발계수 중 건설업 적용 13.9명/10억(2014최근)

- 철도통합무선망(KR LTE-R) 구축계획에 따른 일자리창출 계획

(단위 : 억원, 명)

구분	합계		'18		'20		'22		'24		'27	
	금액	인원	금액	인원	금액	인원	금액	인원	금액	인원	금액	인원
계	9,512	13,218	322	447	3,915	5,441	2,310	3,210	751	1,043	2,214	3,077

※ 기준 : 한국은행 산업별 취업유발계수 중 건설업 적용 13.9.명/10억원(2014년 최근)

○ 간접 일자리창출 성과

광대역 무선통신 자원을 활용한 스마트철도시스템 구축방안 수립하여 IoT 기술을 접목한 철도시설물 관리 및 지능화, 운용성 향상은 물론 해외철도사업 진출, 4차 산업혁명 선도 등 신성장 산업육성 추진하여 일자리 창출 효과가 예상된다.

나. 해외시장 진출 경쟁력 확보

세계시장에서 통용되는 국제 규격(ETCS)을 활용한 열차제어시스템을 세계 최초로 상용화하여 해외시장* 진출 경쟁력 확보가 가능하다.

* 유럽 등 45개국 무선방식 ETCS 레벨2 도입 중(ATLAS 2016, ERA)

* UIC, 3GPP 등 대한민국을 중심으로 국제 표준화 진행 중

- 해외 세계 철도시장 1% 점유 시 약 2,000억원의 수출 기대 효과

* 세계시장규모 : 약 211조원/년, 연증가율 : 3.4%('09 ~ '16) [건설경제신문. '17.12]

- 세계 철도신호시장의 70%를 점유하고 있는 5대 메이저 업체*와 본격적인 시장점유율 경쟁이 시작된다.

* Siemens·Thales(각 17%), Alstom·Ansaldo(각 14%), Invensys(8%)

다. 산업생산성 향상 기여

노선 간 연계 운행시 상이한 시스템으로 인한 인프라 추가 구축 등 매몰비용 감소 및 운영 효율화 증대가 가능하다.

- 기존 ATP대비 약 16%의 수송용량 증대 기대(ERA 연구보고서)

- 무선방식 채택으로 인한 유지보수비용 대폭 절감

* 기존 ATP(ETCS L1)대비 약 30% 비용 절감 효과(UIC 연구보고서)

- 외산 신호시스템 수입 대체 및 무선방식의 신호시스템으로 대체하여 지상설비(신호기, 제어장치 등) 최소화로 건설비 절감

* 무선방식 전면 도입시 신호기, 폐색장치 등 선로변설비 축소

* 고속철도(641km) : km당 17억→4억, 일반철도(4,512km) : km당 3.5억→1.5억

- 국산화된 신호통신시스템으로 설치할 경우, 지상설비 최소화로 1.8조원의 사업비*(6조→4.2조)와 유지보수비 절감(224억→128억/연)이 가능

* 무선방식 도입 시 신호기, 폐색장치 등 선로변설비 축소 가능

* 일반·고속철도 신규·개량 시 기존 시스템 설치 시 총 6조원(국내 2.9조, 수입 3.1조) 소요되나, 국산시스템 설치 시 사업비 절감(1.8조원)과 수입대체(1.3조원) 가능

라. 환경적 편익 증대

철도 수송력 향상으로 승용차, 화물차 통행량을 감소시켜 연간 약 44만톤의 CO2 배출 감소 및 미세먼지 감축 효과와 이에 따른 에너지(유류) 소비 감소 효과 기대된다.

마. 철도서비스 지역 확대

낙후된 일반철도 운행노선에 준고속열차(EMU) 투입을 통한 고속열차 서비스 수혜 지역 확대가 가능하다.

* 350㎞/h, 250㎞/h 운행에 적합한 한국형 신호시스템 적용

바. 운영효율성 제고

노선별로 상이한 신호시스템을 단일 시스템(KRTCS-2)으로 통합함으로써 열차운행 안전성 향상 및 LTE-R 통신망 단일화로 운영 효율성이 향상된다.

* 고속선⇔일반선⇔광역철도 간 단일 신호체계로 연계운행 및 안전성 향상

* 유럽의 경우도 레벨 1 → 레벨 2 → 레벨 3 단계별로 신호체계 통합

* VHF, TETRA, ASTRO 등 3개 통신망을 LTE-R로 단일화

- 다양한 열차운행 정보 제공*으로 휴먼 에러로 인한 위험요인 감소

* 비상정지, 임시속도 제한, 터널, 교량 등 시설물 정보, 메시지 전송 등

사. 재무 건전성 향상

이용객이 많은 주요 노선에 추가 열차 증편이 가능함에 따라 운영이익 증가로 투자재원 상환능력 향상에 기여가 기대된다.

제12장. 참고 문헌

[1] ERTMS/ETCS, (2006) System Requirements Specification(SUBSET 026-v230d)
[2] EN 50126:1999, "Railway applications - The specification and demonstration of Reliability, Availability Maintainability and Safety (RAMS)"
[3] EN 50128:2011, "Railway applications - Communications, signalling and processing systems - Software for railway control and protection systems"
[4] EN 50129:2003, "Railway applications - Communications, signaling and processing systems - Safety-related electronic systems for signaling“
[5] ETCS for Engineers, IRSE Subsystems and processes (2011)
[6] RSRA(2015), SIL4 certification documents Korean Template Application Research
[7] Siemens. Trainguard.
[8] ETCS L2 and CBTC over LTE - Convergence of the radio layer in advanced Train Control Systems . (2013.10.18). IRSE Australasia Technical Meeting.
[9] MitchellIan. (2013). CBTC or ERTMS for Cross City Suburban Rail? “IRSE NEWS, Issue 188.”
[10] SIGNAL+DRAHT. (2013). Compatibility between CBTC and ETCS.
[11] Signal Control Systems Innovations and Future Development. (2015). IRSE.
[12] C.Schmelzer. Standardization of CBTC Systems - Mixed Operation on Shared Lines in Accordance with ERTMS/ETCS Standards.
[13] Atlas 2016.ERTMS Commercial contracts UNIFE.
[14] Bombardier. ERTMS L2 upgrade and radio communication system.
[15] Parsons. Benefits and Barriers to CBTC and ETCS convergence. “2012 Metrorail.”
[16] UNIFE. How innovation can contribute to achieve interoperable, high performance, cost effective Advance Traffic Management and Control Systems. “ERTMS world conference 2014, Istanbul.”
[17] AZD PRAHA. Operational experiences as lessons for future ETCS L2 projects. “ERTMS World Conference 2016.”
[18] SIEMENS. (2014). Marmaray project.
[19] TCDD. Marmaray Project Mixed Traffic Operation. “ERTMS conference 2014.”
[20] SIEMENS. Marmaray A solution for a High-speed, Cross-urban Application. “ERTMS conference 2014.”
[21] 국토교통과학기술진흥원. (2016.8). “한국철도의 발전적 전망 미래철도전망 2040.”
[22] Invensys. (2014.04.11). ERTMS CBTC Technology convergence.
[23] NetworkRail. (2015.12). ETCS & CBTC Interfaces - Crossrail Signalling.
[24] CrossRail. (2015). The First Interconnected CBTC Railway in the U.K.
[25] 변성환, 김대성, 김경식, 박성호, 김봉수. (2016). STM의 레벨전환 표준규격 및 STM 도입 시 레벨전환 규격 정립을 위한 ERTMS 표준절차 고찰. “한국철도학회 춘계학술대회.”
[26] UNIFE. “ERTMS, publications. 701~721”. www.ertms.net
[27] EU의 Shift2Rail 계획에 따른 국내 철도신호분야 MasterPlan 수립에 관한 연구. (2014). 한국철도학회 추계학술대회.
[28] “Subset 026 v230d.”

[29] “Subset 035 v3.1.0.”
[30] “STM-FRS-BVS-544.65001.”
[31] New functionalities towards higher automation levels. “Eurotrans port magazine, volume 13, Issue 1, 2015”.
[32] (NGTC) D2.1 WP2 Goals and Functional Requirement Analysis Methodology.
[33] (NGTC) D2.2 High Level Comparison between Operational Models.
[34] (NGTC) D2.3 Current Functionalities for Mainline and Urban Systems Finalised.
[35] “A General Introduction to the Marmary project”. (2013년 11월 5일). UIC News.
[36] North American Joint Positive Train Control Project”, Federal Railroad Administration, April. 2009
[37] Guillaume de Tiliere, "Interoperability in europe : Case of the ERTMS development in the new european rail market" Association for European Transport 2004.
[38] 국토해양부 미래도시철도기술개발사업 철도분야 신호시스템 상세기획 연구 보고서』(2010, 특허청)
[39] 철도분야 신호시스템 상세기획연구, 2010, 한국건설교통기술평가원
[40] 차상신호(ATP)시스템도입 예비타당성조사 사업의 수요 및 편익분석, 2002, 철도청
[41] 차상신호(ATP) 설치 타당성 조사 및 기본계획 수립 (타당성 조사 부문), 2003, 철도청
[42] 경량전철 신호제어시스템 기술개발 연구결과 보고서(최종보고서), 2004, 한국건설교통기술평가원
[43] 김영태, “신호제어시스템”, 테크미디어, pp.36 ~ 48, 2004
[44] IEEE Std 1474.1-2004,“IEEE Standard Method for CBTC Performance and Functional Requirements”, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2004
[45] Iku Watanabe (2011), "Trends of Radio Based Train Control Systems," RTRI Report, Vol. 25, No. 5
[46] IRSE INTERNATIONAL TECHNICAL COMMITTEE (2011), "Level 3: From High Speed Vision To Rural Implementation"
[47] John Stafford (2011). “European railway industries ICT perspectives - GB vision for the expected evolution,” Information and Communications Technology on Trains Workshop, Prague 20th -21st
[48] 감사원 (2008),『통합지휘무선망구축실태 감사결과보고서』
[49] 건설교통부 (2004),『철도안전기술개발사업 기획보고서』
[50] 공공투자관리센터 (2009),『2009년도 타당성 재조사 보고서, 통합지휘무선통신망 구축사업』
[51] 국토해양부 (2009),『교통시설 투자 평가지침』
[52] 국토해양부 (2010a),『2010년도 철도안전종합시행계획』
[53] 국토해양부 (2010b),『열차 신호시스템 표준화 방안』
[54] 국토해양부 (2010c),『제2차 철도안전종합대책 발표』
[55] 국토해양부 (2011a),『국가 철도전용 통합무선망 기술 세미나』
[56] 국토해양부 (2011b),『2011년 철도통계집』
[57] 국토해양부 (2011c),『2011년 국토해양 통계연보』
[58] 국토해양부 (2011d),『국토해양부통계연보』
[59] 국토해양부 (2011e),『제2차 국가철도망 구축 계획(2011-2020)』
[60] 행정안전부 (2009),『재난안전 무선통신망 정책방향 수립을 위한 연구』

[61] 한국개발연구원 (2004),『정보화부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구』
[62] 한국개발연구원 (2006),『2006년 예비타당성 조사 보고서 - 철도 통합무선망 구축(정보화) 사업』
[63] 한국개발연구원 (2008a),『2008년도 예비타당성조사 보고서 -BcN 인프라 구축사업』
[64] 한국개발연구원 (2008b),『도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)』
[65] 한국개발연구원 (2009a),『2009년도 타당성 재조사 보고서 - 통합지휘무선통신망 구축사업』
[66] 한국개발연구원 (2010a),『2010년도 예비타당성조사 보고서 - 감성터치 플랫폼 개발 및 신산업화 지원사업』
[67] 한국개발연구원 (2010b),『2010년도 예비타당성조사 보고서 - 차세대 미디어기반 융합콘텐츠 개발 사업』
[68] 한국개발연구원 (2010c),『철도종합시험선로 구축사업 예비타당성조사』
[69] 한국개발연구원 (2009),『철도용 주파수 연구 최종 연구개발 결과보고서』
[70] 한국철도공사 (2011a),『철도전용 국가통신망 구축 필요성』
[72] 한국철도공사 (2011c),『제48회 2010 철도통계연보』
[73] 한국철도공사 (2011a),『국가 철도전용 통합무선망 구축(안)』, 국가 철도전용 통합무선망 기술 세미나
[74] 한국철도공사 (2011b),『한국형 열차제어시스템 기술 개발 방안』
[75] 한국철도공사 (2011c),『철도전용 통합무선망 구축(안)』
[76] 한국철도공사 (2011d),『통계로 보는 한국철도 2010』
[77] 한국철도공사 (2007b),『신분당선 열차제어시스템(RF-CBTC 방식)』
[78] 효원엔지니어링 (2007),『철도통합무선망 구축 사업추진방안 작성』, 한국철도시설공단

[79] TTA, TTAK.KO-06.0437, “LTE 기반 철도 통신 시스템 요구사항(일반·고속 철도)”, TTA, 2016.12.27.

[80] TTA, TTAK.KO-06.0438, “LTE 기반 철도 통신 시스템 구조(일반·고속 철도)”, TTA, 2016.12.27.

[81] TTA, TTAK.KO-06.0369, “LTE 기반 철도 통신 기능 요구 사항”, 2014.10.13

[82] TTA, TTAK.KO-06.0370, “LTE 기반 철도 통신 사용자 요구 사항”, 2014.10.13

[83] TTA, TTAK.KO-06.0458, “LTE 기반 철도 통신 시스템 성능 시험 규격”, 2017.12.13.

[84] TTA, TTAK.KO-06.0457, “LTE 기반 철도 통신 시스템과 기존 철도 통신 시스템(VHF, TRSASTRO/TETRA)과의 상호 연동 규격”, 2017.12.13

[85] UIC, O-2475-3.0, “ERTMS/GSM-R Quality of Service Test Specification”, V3.0, 2007.2.19.

[86] UIC, O-2875-1.0, “ERTMS/GSM-R Quality of Service Test Specification for EIRENE

QoS requirements Voice and Non-ETCS data", V1.0, 2015.11.22.

[87] 3GPP, TS 22.179, "Mission Critical Push To Talk (MCPTT) over LTE", V13.3.0, 2015.12

[88] 3GPP, TS 36.314, "E-UTRA; Layer 2 - Measurements", V13.1.0, 2016.03

[89] 3GPP, TS 26.114, "IMS; Multimedia Telephony; Media handling and interaction", V14.4.0, 2017.06

[90] 3GPP, TS 26.234, "Transparent end-to-end Packet-switched Streaming Service (PSS); Protocols and codecs", V14.0.0, 2017.3

[91] 3GPP, TS 36.304, "E-UTRA; User Equipment (UE) procedures in idle mode", V13.6.0, 2017.06

[92] 3GPP, TS 23.179, "Functional architecture and information flows to support mission critical communication services", V13.5.0, 2017.03

[93] 3GPP, TS 23.203, "Policy and charging control architecture", V13.10.0, 2016.12

[94] Ralf Kreher and Karsten Gaenger, "LTE Signaling, Troubleshooting and Performance Measurement", 2nd Ed. 2016,Wiley

[95] 김철환, 김범곤, 이승철, '철도 통합무선망 구축 필요성에 관한 연구', 한국철도학회 추계학술대회, 2011, pp. 2808-2813

[96] 최준영, 김경희, 김용규, 김사혁, 최용석, '철도전용 통합무선망 국내외 동향', 한국철도학회 춘계학술대회, 2012, pp. 1320-1324

[97] 이승호, 김시곤, '효율적인 철도시스템을 위한 무선통신망 구축정책 방안연구', 한국철도학회논문집, 제 16권 제4호, 2013, pp. 262-271

[98] 조웅, 최현균, 조한벽, '철도 무선통신망 연동 방안 연구', 한국전자통신학회 논문지, 제 10권 제6호, 2015, pp. 659-664

[99] 조웅, '철도 무선통신망 연동방안 비교', 한국전자통신학회 논문지, 제 11권 제8호, 2016, pp. 729-734

[100] 철도시설공단, KRCS C311 00, 철도통합무선망(LTE-R)차상무선통신장치, 2016.12

[101] LTE-R과 VHF, TRS/ASTRO/TETRA와의 상호연동기술개발 요구사항 분석서, ㈜씨그널엔터네인먼트그룹, 2015. 12

[102] 국토부 철도기술안전과-2458호(2012.10.02.)「지능형 철도시스템(IRIS) 구축 계획(안)」

[103] 국가R&D「국가철도 통합무선제어 기술개발 상세기획연구」연구보고서, 2012.12

[104] 미래창조과학부 고시 제2014-96호(주파수 배분, 2014,12.10)

[105] 국토교통부 제3차 국가철도망 구축계획, 2016.02

[106] 철도전용 무선통신시스템 기술개발 및 성능평가(250Km/h급 성능시험결과) 보고서, 2016.05

[107] 원주~강릉간 철도통합무선망 구매설치 제안서, 2016.12

[108] 국토부 철도기술안전과-2458호(2012.10.02.)「지능형 철도시스템(IRIS) 구축계획(안)」

[109] 국가R&D「국가철도 통합무선제어 기술개발 상세기획연구」연구보고서, 2012.12

[110] 미래창조과학부 고시 제2014-96호(주파수 배분, 2014,12.10)

[111] 국가R&D「도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가」최종보고서, 2014.12

[112] TTA 단체표준 : LTE 기반 철도통신 기능 요구사항(TTAK.KO-06.0369)

[113] TTA 단체표준 : LTE 기반 철도통신 사용자 요구사항(TTAK.KO-06.0370)

[114] TTA 단체표준: LTE 기반 철도통신 시스템 요구사항(TTAK.KO-06.0407)

[115] TTA 단체표준: LTE 기반 철도통신 시스템 구조(TTAK.KO-06.0438)

[116] 국토교통부 제3차 국가철도망 구축계획, 2016.02

[117] 국토부 철도건설과-767호(2016.03.22.)「원주-강릉 LTE기반 철도무선통신망(LTE-R) 도입계획 마련」통보

[118] 철도전용 무선통신시스템 기술개발 및 성능평가(250Km/h급 성능시험결과) 보고서, 2016.05

[119] 원주~강릉간 철도통합무선망 구매설치 제안서 및 계약서, 2016.12

[120] 원주~강릉간 철도통합무선망 구매설치 상세설계, 2016.12

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 철도기술연구사업의 연구보고서입니다.

2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.