


간행물 등록번호

2020-00000-000

# 광역 및 일반·고속철도 열차자동운전 및 이동폐색 운행기술 개발 기획보고서

2020. 04

 한국철도시설공단

 (주)에이알텍



# 제 출 문

한국철도시설공단 이사장 귀하

이 보고서를 "광역 및 일반·고속철도 열차자동운전 및 이동폐색 운행기술개발" 추진을 위한 기획보고서로 제출합니다.

2020년 4월 22일

주관연구기관명 : 에이알텍

주관연구책임자 : 이수환

연구원 :

" :

" :



## 보고서 요약서

과제고유번호		해당단계 연구기간	2021.06.01. ~ 2024.12.25.	단계 구분	최종보고서
연구사업명	중사업명				
	세부 사업명	국도교통연구기획사업			
연구과제명	대과제명				
	세부 과제명	광역 및 일반·고속철도 열차자동운전 및 이동폐색 운행기술개발			
연구책임자	해당단계 참여 연구원 수	총 : 9명 내부: 9명 외부: 0명	해당단계 연구비	정부: 20,872백만원 민간: 5,217백만원 계: 26,089백만원	
	총 연구기간 참여 연구원 수	총 : 명 내부: 명 외부: 명	총 연구비	정부: 천원 민간: 천원 계: 천원	
연구기관명 및 소속부서명	한국철도시설공단		참여기업명		
국제공동연구	상대국명:		상대국 연구기관명:		
위탁연구	연구기관명:		연구책임자:		
요약			보고서 면수 :		
<b>하기 요약문 참조</b>					
색인어 (각 5개 이상)	한글	이동폐색, 열차제어, 자동운전, 신호시스템, 고속철도			
	영어	Moving block, Train control, Autonomous operation, Signalling system, High speed train			



## 요 약 문

### I. 제 목

광역 및 일반·고속철도 열차자동운전 및 이동폐색 운행기술개발 추진을 위한 기획

### II. 후속연구의 정의 및 필요성

열차제어시스템은 열차의 위치를 검지하고 이를 바탕으로 열차를 안전하고 효율적으로 운행하도록 하는 안전설비이다. 기존의 궤도회로 대신 무선통신 방식으로 열차의 위치를 정밀하게 검지함으로써 열차 간 운행 안전간격을 단축하여 열차수송용량을 높이고, 지상설비를 최소화하여 유지관리비용 절감 등을 기대할 수 있음. 이러한 무궤도회로 방식의 고속철도용 열차제어시스템은 열차위치 검지기술, 이동폐색기반의 열차안전간격 제어기술, 열차진로 제어기술, 열차자동운전 제어기술 및 열차운행관제 기술 등이 필요함

최근 유럽은 철도산업혁신전략을 추진하고 있는데, 이는 고속철도에도 자동(무인)운전과 이동폐색기술을 적용하고, 철도노선 간 상호운영성을 지원하여 철도신호시장을 단일화하는 것임. 이를 통해서 유럽의 철도신호시스템의 시장규모를 확대할 수 있고, 이 같은 철도신호시장을 바탕으로 유럽이 철도산업주도권을 계속 유지하는 것을 목적으로 하고 있음

국내에서는 철도교통에 있어서 열차제어의 중요성을 인식하고 ‘철도 신호시스템 표준화 방안(국토부, 2010.11)’을 수립하고 KTCS 개발 및 실용화 전략을 수립한 이후 체계적으로 진행되었고, 이에 맞추어 무선통신을 이용하는 도시철도용 열차제어시스템(KTCS-M, 무인운전지원, 이동폐색 적용)과 일반·고속철도용 열차제어시스템(KTCS-2, 수동운전지원, 고정폐색 적용)을 개발 완료하였음

KTCS-M은 신림경전철 및 동북경전철에 적용되어 2022년부터 영업운행을 개시할 계획이고, KTCS-2는 전라선 익산~여수엑스포 구간에 시범 설치하여 시험운행을 수행하고 2022년부터 영업운행을 할 예정임. 따라서 KTCS 개발 및 실용화 전략은 성공적으로 완료될 것이며, 이를 통해서 국내·외에서 해외선진국과 경쟁할 수 있는 기술력을 갖추게 되었음

KTCS 시범사업이 진행되는 상황에서 차세대 열차제어시스템 시험과 성능검증을 위한 후속연구를 추진하는 것이 관련 기관에 많은 어려움이 있을 수 있으나, 대외환경 변화에 능동적으로 대응하여 국내 철도신호산업의 경쟁력을 높이기 위한 선제적 연구개발을 시행하는 것이 필요함

### III. 국내외 동향 및 배경

유럽, 중국, 일본에서 경쟁력 강화 및 글로벌 철도산업 선도를 위해 각각 연구개발 및 혁신 로드맵을 수립하고 차세대 신호통신시스템(열차제어시스템)의 연구개발을 추진하고 있음

철도의 열차제어시스템 시장(약16조원, 2011~2013)은 연평균 3.1% 성장하고 있으며, 이를 세부화하면 신규노선 및 개량시장은 연평균 3.5%, 개수 및 유지보수시장은 연평균 3.0%로 성장이 예상된다. 현재 국내기업의 세계시장 점유율은 매우 미미하며, 지멘스 등 5개 기업이 시장의 70%를 과점한 상태이다.

이러한 차세대 신호통신시스템과 관련되어 이동폐색, 가상폐색, 열차위치검지, 차상제어장치 분야에서 다양한 특허와 논문이 산출되고 있으며, 특히 이동폐색, 가상폐색은 유럽과 일본의 다국적 기업에서 보유한 기술이 많고, 열차위치검지는 중국과 일본에서 대부분의 기술을 보유하고 있음 한국의 경우 출원 건수는 많으나 피인용 건수가 부족하여 양질의 기술을 시급히 확보할 필요가 있음

유럽은 일반·고속철도의 상호운용을 확보하기 위해서 열차제어시스템개발을 체계적으로 진행하여 ETCS L1, ETCS L2를 상용화하고 있고, Shift2Rail프로젝트에서 CBTC시스템과 ETCS 시스템을 통합한 NGTC시스템 개발을 진행하고 있음 또한 ETCS 기술규격(Subsubset)을 보완한 결과 많은 나라에서 신호시스템 구축 시 Baseline3 규격을 요구사항으로 명시하고 있음

국내에는 한국형 철도신호시스템(KTCS) 구축계획을 통해서 KTCS-M과 KTCS-2 개발을 완료하고 시범노선을 확정하여 성능검증 단계까지 진척되었으며 “자동운전을 지원하는 ETCS L3급 고속철도용 열차제어시스템 개발” 연구과제가 2018년 4월에 시작되어 2020년 12월에 개발 완료를 목표로 진행되고 있음

따라서 연구개발과제에서 개발된 최신기술이 사장되지 않도록 다음과 같은 후속연구를 진행하여 실용화의 발판을 마련할 필요가 있음

- ETCS L3 연구개발과제를 통하여 개발된 자동운전을 지원하는 KTCS-3 열차제어시스템의 현장시험을 위한 후속연구
- 무선통신 기반의 “일반·고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화” 연구과제로 개발되어 전라선 시범노선에 구축하는 KTCS-2 열차제어시스템에 열차자동운전장치(ATO)를구현하기 위한 후속연구
- 열차자동운전 시험을 위한 시험차량 확보
- 해외에서 ETCS 기술규격(Subsubset)을 Baseline3를 적용함에 따라 국내에서 연구개발 시 적용한 Baseline2 기술규격을 Baseline3 기술규격으로 업그레이드하기 위한 후속연구

#### IV. 연구개발과제 구성 및 추진전략

후속연구 과제는 3개의 세부과제로 구성하는 것이 적절할 것으로 판단하며, 후속연구의 비전과 목표를 다음과 같이 정의함

- 비전 : 개발된 차세대 열차제어시스템 기술의 실용화를 위한 후속연구로 국내 철도산업 경쟁력 강화 및 세계시장 선도
- 목표 : 수송능력, 경제성, 서비스, 안전성 향상
- 핵심기술 : 이동폐색, 자동운전, 위치검지, 철도무선통신, 무결성

열차제어시스템의 목표와 핵심기술을 검증하기 위해서 연구개발과제(주제)는 열차운행 실시간 제어관리기술, 열차위치검지기술, 이동폐색제어기술을 토대로 하는 열차안전간격제어기술, 기존 연동로직을 사용하는 열차진로제어기술, (무인)자동운전을 지원하는 자동열차운전기술, 도시철도를 포함한 기존 신호시스템의 지상설비와 연계하는 상호운영성기술, 통신망의 신뢰성을 높이는 기술, 시험현장 및 인프라구축, 안전성인증, 실용화 지원을 포함하고 있음

본 후속연구 기획과제는 국내의 기술로 개발한 최신기술의 열차제어시스템을 상용화하기 위하여 현장시험과 기존 KTCS-2 열차제어시스템에 열차자동운전 기능을 구현하기 위하여 추진 전략을 다음과 같이 제안함

- 1세부 : 시스템 통합 및 규격 검증
  - 개발명세서 검증 및 보완
  - 인터페이스 명세서 보완
  - 법률제도 개정(안)
  - 실용화 지원(시험차량)
  - 레일절손 검지장치 설치 및 검증
  - ETCS L3용 열차제어 통신장치 설치 및 성능 검증
  - 열차진로제어(KTCS-2 병행운행 포함) 설치 및 검증
- 2세부 : 현장시험 지원 및 검증
  - 지상-차상 통합시험 환경 설계 및 구축
  - 지상인프라 구축 및 운영
  - 현장 종합시험 및 공인시험
  - 시험 차량 개조 및 운영
  - 현장시험 운영 지원(시험선로 사용료 납부 등)
  - 차상지상 ATP/ATO 설치 및 검증
  - ATP/ATO 인터페이스 장비 제작/설치 및 검증

- 열차분리검지장치 설치 및 검증
- 지상인프라 CTC 설계 및 설치(ETCS L3)
- 3세부 : 시스템 사양 업그레이드 및 검증
  - KTCS-2 열차자동운전 개발명세서 작성
  - KTCS-2의 ATO 현장 공인시험
  - 지상장치 Base Line 업그레이드 2 → 3 (SIL-4 인증 포함)
  - 차상장치 Base Line 업그레이드 2 → 3 (SIL-4 인증 포함)
  - ATP/ATO 인터페이스 장비 Base Line 3 업그레이드
  - KTCS-2의 ATO 구현(차상)
  - KTCS-2의 ATO 구현(지상)
  - 지상인프라 CTC 설계 및 설치(KTCS-2+ATO)

## V. 자원투입 계획

본 KTCS-3 후속연구는 현재 수행 중인 국가 R&D 연구사업인 “ETCS L3 개발” 과제가 종료되는 2021년 6월부터 2024년 12월 까지 4차년 사업으로 추진하는 것을 제안함  
연구비는 다음과 같이 총 260억(정부출연금 208억, 민간부담금 52억)으로 추정함

항목	연구비(백만원)		
	정부	민간	합계
“ETCS L3 개발” 과제의 현장시험	11,182	2,795	13,977
KTCS-2 열차자동운전(ATO) 구현	1,885	471	2,356
시험차량(전동차 2량 1편성) 구매	4,196	1,049	4,197
Subset 업그레이드(Baseline2→3)	3,609	902	4,511
합 계	20,872	5,217	25,041

연도별 연구비는 다음과 같다.

구 분	2021년	2022년	2023년	2024년	합계
정부출연금	4,788	5,288	5,788	5,008	20,872

# 목 차

제1장 기술의 정의 및 필요성 .....	1
1절 기술의 정의 및 구성 .....	1
1. 기술의 정의 .....	1
2. 기술 분류체계 .....	3
가. 열차제어시스템 요소기술의 특징 .....	3
나. 열차제어시스템의 기술체계 .....	5
3. 세부 기술내용 .....	7
가. 열차위치검지기술 검증 .....	7
나. 열차제어시스템 보완기술(무결성기술) 검증 .....	8
다. 열차안전간격제어기술 검증 .....	10
라. 열차진로제어기술 및 열차운행스케줄관리기술 검증 .....	12
마. 자동열차운전기술 .....	13
바. 상호운영성기술(공간통합기술) .....	13
2절 후속연구의 필요성 .....	15
1. 배경 .....	15
2. 수송능력(Capacity) 측면 .....	17
가. 무궤도회로방식의 열차제어기술 적용 .....	17
3. 비용(Cost) 측면 .....	19
4. 안전(Safety) 측면 .....	20

5. 편의성(Service) 측면 .....	21
가. 운영환경변화에 대한 신속한 대응 .....	21
나. 정시성 보장 .....	21
다. 열차자동운전 .....	21
6. 후속연구를 하지 않았을 경우 발생하는 문제점 .....	22

**제2장 국내외 동향 및 배경 .....** 23

**1절 국내외 정책동향 .....** 23

1. 국내 정책동향 .....

2. 해외 정책동향 .....

3. 국내 철도·교통관련 주요 정책과제 및 세부 추진내용 .....

    가. 철도정책 .....

    나. 교통정책 .....

4. 정책동향 분석 시사점 .....

**2절 국내외 시장현황 및 전망 .....** 30

1. 시장관련 환경분석 .....

    가. 저출산 및 고령화 .....

    나. 도시화 .....

    다. 기후 및 환경변화 .....

2. 국내·외 열차제어시스템 시장현황 .....

    가. 신규 개발 및 업그레이드 시장 .....

    나. 개량 및 유지보수 시장 .....

3. 시장분석 결론 .....

4. 국내 연구개발과제 동향 .....	37
가. 국내 연구개발 현황 .....	37
나. 해외 연구개발 현황 .....	96
5. 기술동향 분석 결과 .....	110
3절 기술수준 분석 .....	111
1. 기술수요조사 .....	111
가. 철도신호분야 산학연 전문가 수요조사 .....	112
나. 조사결과 분석 .....	114
다. 제안된 연구내용 .....	117
2. 기술예측조사 .....	119
가. 조사 개요 .....	119
나. 대상기술 선정 .....	120
다. 조사 결과 분석 .....	124
3. 우선순위조사 .....	126
가. 조사 개요 .....	126
나. 조사 결과 .....	127
4절 유사과제 분석 및 기존 기술(연구)와의 차별성 .....	131
5절 국내 연구개발 인프라 분석 .....	138
1. 개요 .....	138
2. 기술개발 SWOT 분석 .....	138
3. 연구진의 연구개발 역량 .....	141
4. 기 확보한 연구개발성과의 활용 .....	141
5. 인프라 설비 .....	143

가. 시험선로 .....	143
나. 시험차량 .....	148
다. 시범노선 .....	150
<b>6절 활용 가능성 .....</b>	<b>152</b>
1. 활용성 전략 .....	152
2. 기대효과 .....	152
<b>7절 연구성과 실용화를 위한 관련 법령 검토 결과 .....</b>	<b>156</b>
1. 철도안전법 .....	156
2. 철도산업발전기본법 .....	158
3. 철도건설법 .....	159
4. 실용화를 위한 제도 개선 .....	159
<b>제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략 .....</b>	<b>160</b>
<b>1절 비전 및 목표 .....</b>	<b>160</b>
1. 비전 및 목표수립 .....	160
2. 연구개발 목표 .....	161
<b>2절 기술개발에 따른 미래상 .....</b>	<b>163</b>
1. 시스템개발에 따른 미래상 .....	163
2. 핵심기술개발에 따른 미래상 .....	164
<b>3절 연구과제 구성 .....</b>	<b>167</b>
1. 연구과제 요구사항 .....	167
가. 개요 .....	167
나. 열차제어시스템 구성 .....	167

다. 시스템 검증 중점사항 .....	169
라. 인터페이스 검증 중점사항 .....	169
마. 열차제어시스템의 검증 방향 .....	170
바. 열차제어시스템 기능 검증사항 .....	171
사. 열차제어시스템 하부장치 요구사항 .....	173
아. 열차제어시스템 보완장치 요구사항 .....	179
자. 열차제어시스템 안전성 인증 .....	181
차. LTE-R 관련 검증 .....	183
<b>2. 연구개발 로드맵 .....</b>	<b>184</b>
가. 1단계 실용화 연구개발 .....	185
나. 2단계 실용화 연구개발 .....	185
<b>3. 연구단 과제구성 .....</b>	<b>186</b>
<b>4절 세부과제별 주요 내용 및 추진전략 .....</b>	<b>188</b>
<b>1. 세부과제 1: 시스템 통합 및 규격 검증 .....</b>	<b>188</b>
가. 개발명세서 검증 및 보완 .....	188
나. 인터페이스 명세서 보완 .....	190
다. 법률제도 개정 .....	192
라. 실용화 지원(시험차량 구매) .....	194
마. 레일절손검지장치 설치 및 검증 .....	196
바. KTCS-3용 열차제어 통신장치 설치 및 성능검증 .....	198
사. 열차진로제어(KTCS-2 병행운영 포함) 설치 및 성능검증 .....	200
아. 지상/차상 통합시험 환경 설계 및 구축 .....	202
자. 지상인프라 구축 및 운영 .....	204

차. 현장종합시험 및 공인시험 .....	206
카. 시험차량 개조 및 운영 .....	208
타. 현장시험 운영지원 .....	210
파. 차상 ATP/ATO 설치 및 검증 .....	212
하. 지상 ATP/ATO 설치 및 검증 .....	214
거. ATP/ATO 인터페이스 장비 제작/설치 및 검증 .....	216
너. 열차분리검지장치 설치 및 검증 .....	218
더. 지상인프라 CTC 설계 및 설치 .....	220
러. KTCS-2 열차자동운전 개발명세서 작성 .....	222
머. KTCS-2 ATO 현장공인시험 .....	224
버. 지상장치 Baseline 업그레이드 .....	226
서. 차상장치 Baseline 업그레이드 .....	228
어. ATP/ATO 인터페이스장치 Baseline 업그레이드 .....	230
저. KTCS-2 차상장치의 ATO 구현 .....	232
처. KTCS-2 지상장치의 ATO 구현 .....	234
커. 지상인프라 CTC 설계 및 설치 .....	236
<b>2절 연구개발과제 추진체계 .....</b>	<b>238</b>
<b>제4장 사전타당성 분석 .....</b>	<b>239</b>
<b>1절 정책적 타당성 .....</b>	<b>239</b>
<b>1. 상위계획과의 부합성 .....</b>	<b>239</b>
가. 제3차 과학기술기본계획 .....	239
나. 국정과제 .....	239

다. 건설교통 R&D 중장기계획안 .....	240
라. 국토교통과학기술진흥원 미래철도기술 로드맵 2040 .....	240
2. 사업추진 의지 .....	241
가. 국토교통부 한국형 철도신호시스템 구축계획 .....	241
2절 기술적 타당성 .....	242
1. 사업 논리모형 .....	242
2. 차세대 열차제어기술 확보 .....	244
3. 기술적 파급효과 .....	244
4. 기술개발 성공 가능성 .....	245
3절 경제적 타당성 .....	246
1. 분석 전제 .....	246
2. 비용 및 편익항목 도출 .....	246
가. 비용검토 .....	246
3. 편익산정 .....	248
4. 경제성 분석 결과 .....	251
5. 결론 및 정책제언 .....	253
가. 결론 .....	253
나. 정책제언 .....	253
4절 타당성 검토 종합 .....	254
1. 기술개발투자의 시급성 .....	254
2. 정부 상위계획과의 부합성 .....	254

<b>제5장 자원투입계획</b>	<b>255</b>
<b>1절 연구시설 및 장비 투입계획</b>	<b>255</b>
<b>2절 인력투입계획</b>	<b>257</b>
<b>3절 소요예산 투입계획</b>	<b>258</b>
<b>1. 소요예산투입계획</b>	<b>258</b>
<b>2. 총 연구비</b>	<b>259</b>
<b>3. 세부과제별 연구비</b>	<b>260</b>
가. 1세부 연차별 연구개발 소요예산	260
나. 2세부 연차별 연구개발 소요예산	260
다. 3세부 연차별 연구개발 소요예산	261
<b>4. 연구개발 상세 소요내역</b>	<b>262</b>
가. 무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템 검증	262
<b>4절 정부지원조건</b>	<b>263</b>
<b>제6장 과제공모 방안</b>	<b>264</b>
<b>1절 과제제안요구서</b>	<b>265</b>
<b>1. 연구단 과제</b>	<b>265</b>

# 제1장 기술의 정의 및 필요성

## 제1장 기술의 정의 및 필요성

### 1절 기술의 정의 및 구성

#### 1. 기술의 정의

- KTCS-3 열차제어시스템은 “자동운전을 지원하는 ETCS L3급 고속철도용 열차제어 시스템 핵심기술 및 궤도회로 기능 대체 기술을 토대로 다음과 같은 기능으로 열차를 안전하고 효율적으로 운행하도록 제어하는 철도안전설비임
  - 무궤도회로방식으로 절대위치 보정용 지상자와 무선통신기술을 적용하여 열차위치를 실시간으로 추적
  - 절대 제동거리를 적용하여 이동폐색 제어
  - 고속으로 주행하는 열차가 열차제한속도를 초과하지 않도록 감시하고 경고
  - 궤도회로를 사용하지 않고 분기징파 승강장에서 열차진로를 제어
  - 열차운행 스케줄에 따라 열차의 출발과 정차시간을 조정하여 열차지연시간 복구
  - 열차의 출발 및 가속, 제동을 자동으로 제어하고 승강장에 정위치정차 및 출입문 개폐를 자동으로 제어
  - 상호운용성 기술로 기존 신호시스템의 지상설비와 연계
  - 열차의 분리를 검지하고 방호
  - 레일 절손을 검지하고 열차의 접근을 방호
- 현재 운영 중인 고속철도 및 일반철도에 적용된 열차제어시스템은 궤도회로를 이용하고 있으며, 열차가 제한된 속도를 초과하는 과속상태를 지속하는 경우 열차에 상용제동 또는 비상제동을 인가하는 수동운전(GoA 1, Grade of Automation 1)을 지원함
- 최근에는 도시철도에서 적용하고 있는 CBTC와 같이 무선통신망(GSM, TRS 등)을 이용하여 열차의 이동을 제어하는 열차제어시스템(예: ETCS L2)이 상용화 되었음
- 유럽은 세계철도시장의 주도권을 지속하기 위해서 철도혁신사업을 추진하고 있으며, 이를 위한 연구개발로드맵을 작성하였음
- 따라서 본 기획과제는 유럽 등 철도선진국과의 기술격차를 해소하기 위한 현재 진행되고 있는 KTCS-3(무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템) 연구개발에 이어 실용화를 위한 연구개발방향과 개발대상기술을 아래와 같이 설정하였음

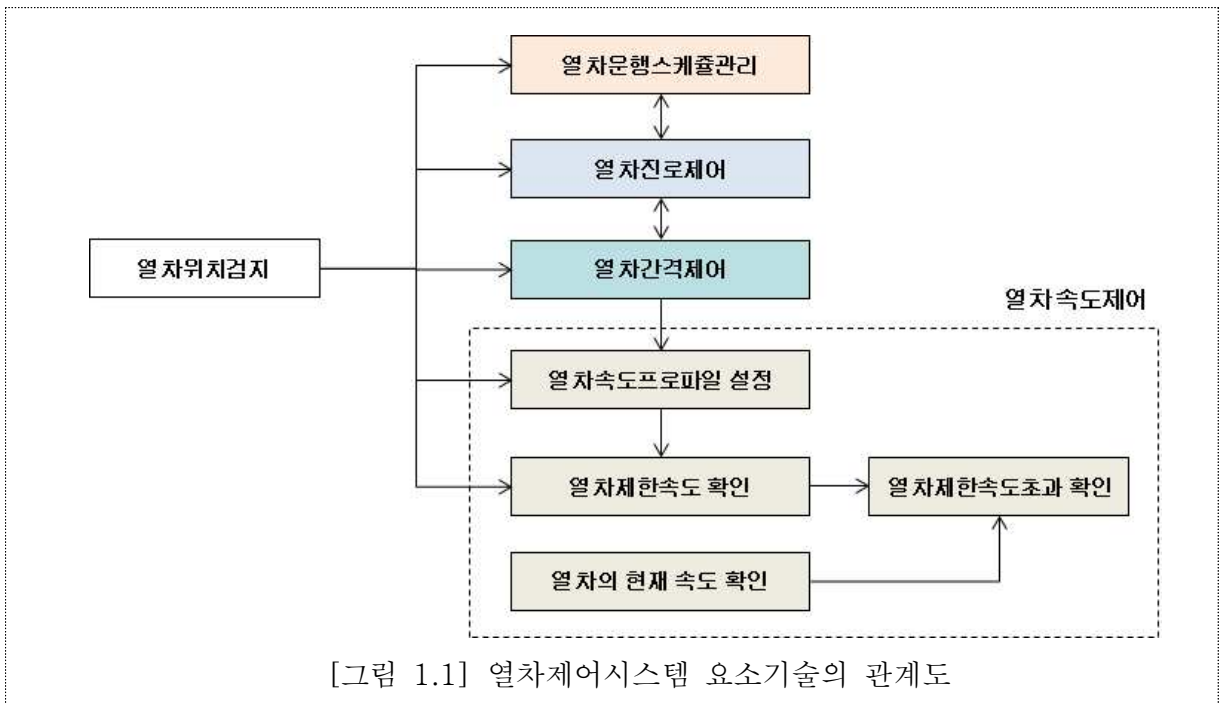
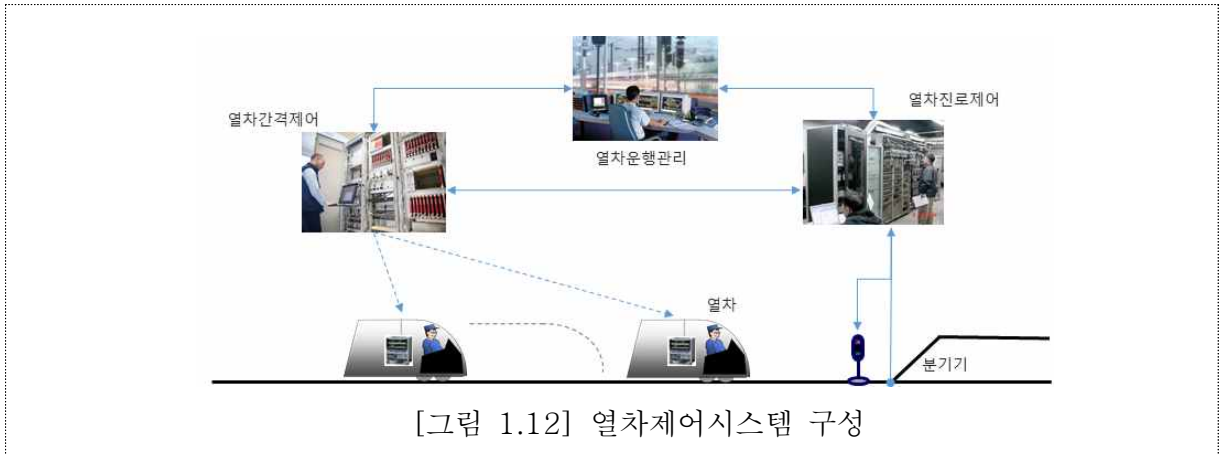
- (연구개발방향 1) 개발된 KTCS-3 열차제어시스템의 성능검증
  - 개발된 무궤도회로방식의 이동폐색 자동운전 열차제어시스템의 첨단기술이 사장되지 않고 실용화될 수 있도록 현장시험을 인프라를 구축하고 시험을 수행하여야 함
  - 시험노선에 개발된 KTCS-3 열차제어시스템을 구축하여 성능을 검증하고 보완하여 상용화함으로써 철도선진국과 기술격차를 해소하여야 함
- (연구개발방향 2) 기존 신호시스템과의 상호운영성 확보
  - 국가 R&D 연구사업으로 개발된 KTCS-2 열차제어시스템이 전라선 시범노선(익산~여수엑스포역)에 구축하여 성능을 검증하는 사업이 진행되고 있음
  - KTCS-3 연구개발과제에서 개발한 기존 신호시스템과의 상호운영기술을 검증하기 위한 KTCS-2의 열차자동운전(ATO) 시스템을 구현하여 성능을 검증하여야 함
- (연구개발방향 3) 시험 차량의 확보
  - KTCS-3 열차제어시스템의 현장시험을 위하여 시험차량이 필요하나 고속열차 KTX, 산천 차량은 여유 편성이 없어 시험열차로 투입 시 영업손실이 크므로 불가능함
  - KTCS-2 시범사업의 경우 KTX-I 차량 2편성을 시험운영에 투입하기 위하여 차량개조 및 형식승인을 위하여 약 80억 원 이상의 예산이 투입되었음.
  - 시험용으로 개발된 해무 고속열차의 경우 노후화로 인하여 정밀한 열차자동운전(ATO)을 구현하기 위하여 안전진단과 보수가 필요한 상황임
  - 따라서 KTCS-3의 기능의 시험이 가능하면서 경제적인 차량의 확보가 필요함
- (연구개발방향 4) ETCS 기술규격의 업그레이드
  - R&D 사업으로 추진된 KTCS-2 및 KTCS-3 열차제어시스템은 유럽규격인 ETCS Baseline2(SRS 2.3.0d, Subset-026)기반으로 개발되었음
  - 현재 유럽 및 세계 각국에서는 시스템 구축 시 ETCS Baseline3(SRS 3.4.0)의 기술규격을 적용하고 있음
  - 따라서 세계 시장 진출과 기술력 확보를 위하여 Baseline2(SRS 2.3.0d, Subset-026)기반의 열차제어시스템을 ETCS Baseline3(SRS 3.4.0)로 업그레이드를 수행하여야 함

# 제1장 기술의 정의 및 필요성

## 2. 기술 분류체계

### 가. 열차제어시스템 요소기술의 특징

- 열차제어시스템은 지상장치와 차상장치로 구성되며, 지상장치는 열차운행관리, 열차진로제어 및 열차간격제어 등을 수행하며, 차상장치는 열차간격제어 명령에 맞추어 열차가 제한속도를 초과하지 않도록 열차속도감시를 수행함



- 차세대 열차제어시스템(무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템) 현장시험 목표는 철도의 수송능력, 경제성, 서비스, 안전성 향상을 달성하는데 필요한 고속화, 지능화, 고밀도운행화, 상호운영성 향상, 지상설비 최소화를 지원하는 것임

- 또한 무선통신망 및 제어시스템의 심각한 장애 발생 시 열차운행을 최소한으로 보장

하는 장애대응도 지원함

- 열차제어시스템은 궤도회로를 사용하는 기존 열차제어기술과 무선통신을 적용한 새로운 열차제어기술로 구분할 수 있으며, 주요 열차제어기술에 대한 특징은 다음과 같음
  - (열차위치검지) 열차제어시스템이 위 기능을 수행하기 위해서 요구되는 첫 번째 기술은 열차위치를 검지하여야 함
    - (궤도회로) 현재는 지상에 설치되어 있는 궤도회로를 이용하여 열차위치를 검지하고 있으나, 선로와 기계실에 많은 전기장치를 설치하기 때문에 초기 설치비용과 유지관리비용이 많이 소요됨
    - (무궤도회로) CBTC, 도시철도용 KTCS에 적용된 기술로, 열차에 설치된 차상장치가 속도센서를 이용하여 열차위치를 연산하여 무선통신을 이용하여 주기적으로 (예:0.5초) 지상의 제어장치로 전송하며, 궤도회로를 사용하지 않기 때문에 시스템 구조가 매우 단순화됨
  - (열차간격제어) 열차위치검지정보를 토대로 선행열차와 후속열차간 안전간격을 제어하여 열차충·추돌 사고를 방지하여야 함
    - (궤도회로) 궤도회로가 검지한 열차위치정보를 바탕으로 열차안전간격을 제어하며, 열차에 ATS장치, ATC장치 또는 ATP장치를 설치하고 있으며, 최근에는 ATP를 주로 채택하고 있음
    - (무궤도회로) 무선을 이용해서 열차에서 실시간으로 전송한 열차위치정보를 토대로 지상에서 해당 열차로 이동권한(주행할 수 있는 목표지점, 목표지점까지의 제한속도)을 전송함
  - (열차속도제어) 열차간격제어기능에 의해서 지상에서 전송된 목표지점까지 열차속도를 감시하고, 열차감시속도를 초과하면 제동을 인가함
    - (궤도회로) 궤도회로구역에 설정된 제한속도를 초과하지 않도록 열차속도를 감시함
    - (무궤도회로) 목표지점까지 열차위치와 열차속도를 확인하고 제한속도를 초과하지 않도록 감시함
  - (열차진로제어) 열차위치정보로 분기구간에서 열차진로를 제어하여 열차의 충돌사고를 방지하여야 함
    - 현재까지는 궤도회로용으로 개발된 열차진로제어로직을 사용함
  - (열차운행관리) 열차위치정보와 열차운행스케줄을 비교하고, 열차지연이 발생하지 않도록 관리함
    - (궤도회로) 궤도회로에서 검지한 열차위치정보를 토대로 열차스케줄을 관리함

## 제1장 기술의 정의 및 필요성

- (무궤도회로) 열차에서 무선으로 전송한 실시간 열차위치정보를 토대로 열차스케줄을 작성할 수 있어서 에너지사용효율을 높일 수 있는 열차운행관리가 가능함
- (장애대응) 다양한 철도사고로 인하여 열차제어시스템이 정상적으로 운용되지 못할 경우에 최소한으로 열차운행을 지속할 수 있도록 대안을 마련하여야 함
- (궤도회로) 궤도회로에서 검지한 열차위치정보를 토대로 장애구간에서 운전자, 역무원관리자 및 관제요원이 협업하여 열차운행을 최소한으로 유지할 수 있음
- (무궤도회로) 무선통신장애, 열차의 차상장치 장애, 지상의 제어장치장애 등이 발생하여 열차위치를 추적할 수 없는 경우, 궤도회로처럼 지상에서 열차위치를 추적할 수 있는 설비를 구축하여 최소한의 열차운행을 보장하여야 함

### 나. 열차제어시스템의 기술체계

- 본 기획연구는 2020년 12월에 완료되는 KTCS-3 열차제어시스템 연구개발에 이어 실용화를 위한 현장시험을 추진하여 유럽의 차세대 열차제어시스템과 경쟁할 수 있는 기반을 마련하는 것이며, 연구개발목표와 연구개발방향은 다음과 같음
- 연구개발 목표
  - R&D 연구사업으로 개발된 KTCS-3 열차제어시스템의 성능검증
- 연구개발 방향
  - 시험 노선의 시험 인프라 구축
  - 종합계측설비 설치
  - 시험열차 확보
  - 공인시험 인증서 획득
  - ETCS Baseline3(SRS 3.4.0)로 업그레이드
- 또한 본 기획연구에서 정의하고 있는 연구개발범위(대상)은 다음과 같음
- 열차제어시스템
  - 하부시스템인 CTC, 지상ATP, 차상ATP, 차상ATO 및 EI
- 열차제어시스템 보완장치
  - 열차무결성검지장치 TIS
  - 레일무결성검지장치 RIS

[표 3.9] 무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템 기술수요조사표

번호	연구과제명	비고
1	<b>열차운행 실시간 제어관리기술 검증</b> - 열차운행 실시간 제어관리기술	
2	<b>열차위치 검지기술 검증</b> - 열차무결성기술(Train Integrity) - 레일절손검지기술(Rail Integrity) - 지상자를 사용하는 열차위치검지기술	
3	<b>열차안전간격제어기술 검증</b> - 이동폐색제어기술 - 열차속도제어기술	
4	<b>열차진로제어기술 검증</b> - 지상제어장치와의 열차위치정보 인터페이스 기술(연동기술)	
5	<b>자동열차운전기술 검증</b> - 자동열차운전기술 - 열차자동운전을 위한 차상장치 구축기술	
6	<b>기존 신호설비와의 연계기술 검증</b> - 상호운영성기술	
7	<b>시험평가</b> - 계측 및 분석 시스템 기술 - 시험인프라 구축 기술	
8	<b>안전성 인증</b> - 성능 및 안전성 검증기술	
9	<b>실용화 지원기술</b> - 실용화를 위한 법체계 지원 - 사용자에게 대한 교육 및 훈련 시스템	
10	<b>기술규격 업그레이드 기술</b> - ETCS Baseline3(SRS 3.4.0) 기술규격 적용기술	

# 제1장 기술의 정의 및 필요성

## 3. 세부 기술내용

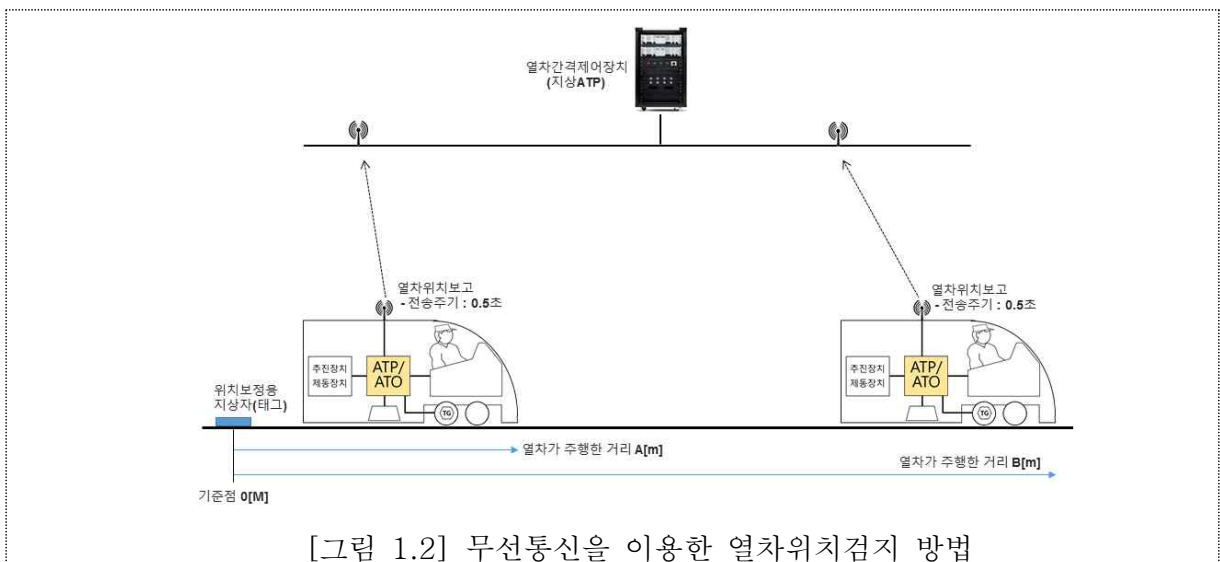
본 기획연구과제의 대상은 새로운 KTCS-3 열차제어시스템의 열차위치검지기술, 열차안전간격제어기술, 열차진로제어기술 및 열차자동운전기술에 대한 검증이며, 각 세부기술에 대한 상세한 내용은 아래에 기술함

### 가. 열차위치검지기술 검증

본 KTCS-3 후속연구는 아래의 열차위치검지기술이 적용된 열차제어시스템을 설치하고 요구 성능에 적합하게 작동하는지 여부를 검증하는 것이다. 고속철도용 열차제어시스템은 궤도회로를 사용하지 않고, 지상자와 무선통신을 이용하여 지상에서 열차위치를 실시간으로 추적함 열차에 있는 차상장치(또는 OATP, On-board ATP)는 속도센서와 지상자 검지정보를 이용하여 열차의 주행방향, 열차의 현재위치, 열차의 현재속도 등의 정보를 무선통신망을 통해 지상장치(또는 WATP, Wayside ATP)로 전송하며, 이를 통해서 지상장치는 제어영역에 있는 모든 열차의 위치를 실시간으로 추적할 수 있음

#### ○ 열차위치검지기술(절대위치보정용 지상자 사용)

- 새로운 고속철도용 열차제어시스템은 차상ATP에서 열차위치를 연산하고 무선통신을 이용하여 지상ATP에 0.5초 주기로 전송하면, 지상ATP가 열차위치를 정밀하게(m단위로) 확인할 수 있음



- 차상의 ATP는 선로에 설치된 위치보정용 지상자(태그)를 기준점으로 하여 TG에서 전송한 차륜회전수를 검지하여 열차가 주행한 거리를 연산함
- 차상의 ATP는 지상자번호와 주행한 거리를 0.5초마다 지상ATP로 전송함
- 지상ATP는 지상자번호와 열차가 주행한 거리를 확인하여 열차의 현재위치를 설정함

## 나. 열차제어시스템 보완기술(무결성기술) 검증

### (1) 열차무결성(Train Integrity) 검지기술

본 기획연구는 개발한 KTCS-3 열차제어시스템이 주행 중인 열차(또는 열차를 조성 중일 때)의 일부 차량이 분리되는 사고가 일어난 경우, 이를 검지하고 열차방호구역을 설정하는 기능을 시험하고 검증하는 것임.

○ ETCS L3는 열차분리사고가 발생하면 이를 검지하는 열차분리검지장치(TI, Train Integrity)를 열차에 설치할 것을 명시하고 있음

－ 열차에 설치되는 TI장치는 열차에 설치된 ATP장치와 연계되어 있으며, 열차분리사고를 검지하면 지상ATP에서 이를 검지하여 후속열차의 접근을 금지함



○ KTCS-3 열차제어시스템은 동일한 구조의 열차분리검지장치를 모든 차량에 설치하며, 열차분리사고가 발생하면 차상ATP와 연결된 열차분리검지장치가 관련 정보를 통지하여 다른 열차의 접근을 차단함

－ 열차분리검지장치는 무선통신장치를 내장하고 있으며, 열차분리사고가 발생하면 유선통신선이 끊어진 차량의 열차분리검지장치의 무선통신장치가 동작을 시작하며, 무선통신과정에서 발생하는 지연시간을 이용하여 끊어진 열차길이(거리)를 계산하고, 선두차량의 열차분리검지장치로 전송함

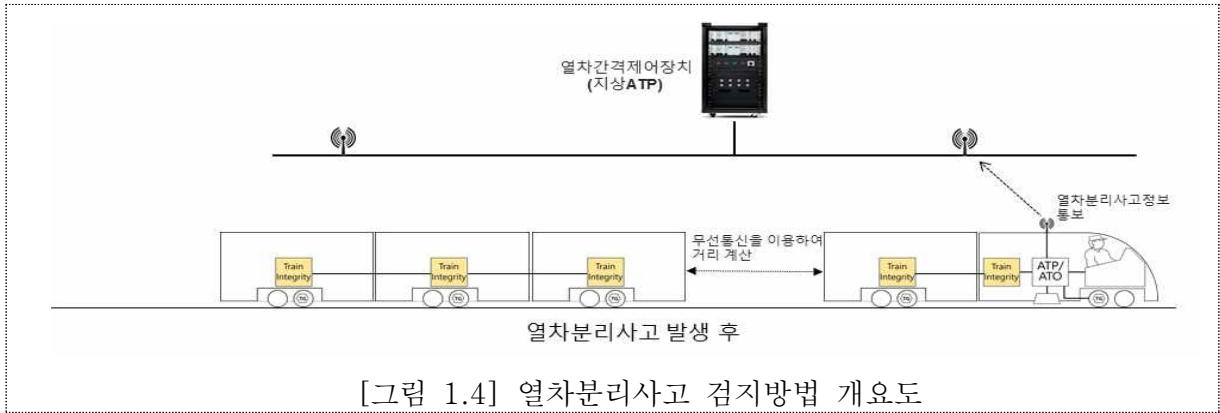
－ 선두차량의 열차분리검지장치는 차상ATP로 끊어진 차량번호, 끊어진 길이정보를 전송하며, 차상ATP는 전송된 정보를 토대로 열차분리사고, 후미차량의 위치정보를 지상ATP로 전송하여 다른 열차의 접근차단을 요청함

### (2) 레일절손검지기술(Rail Integrity)

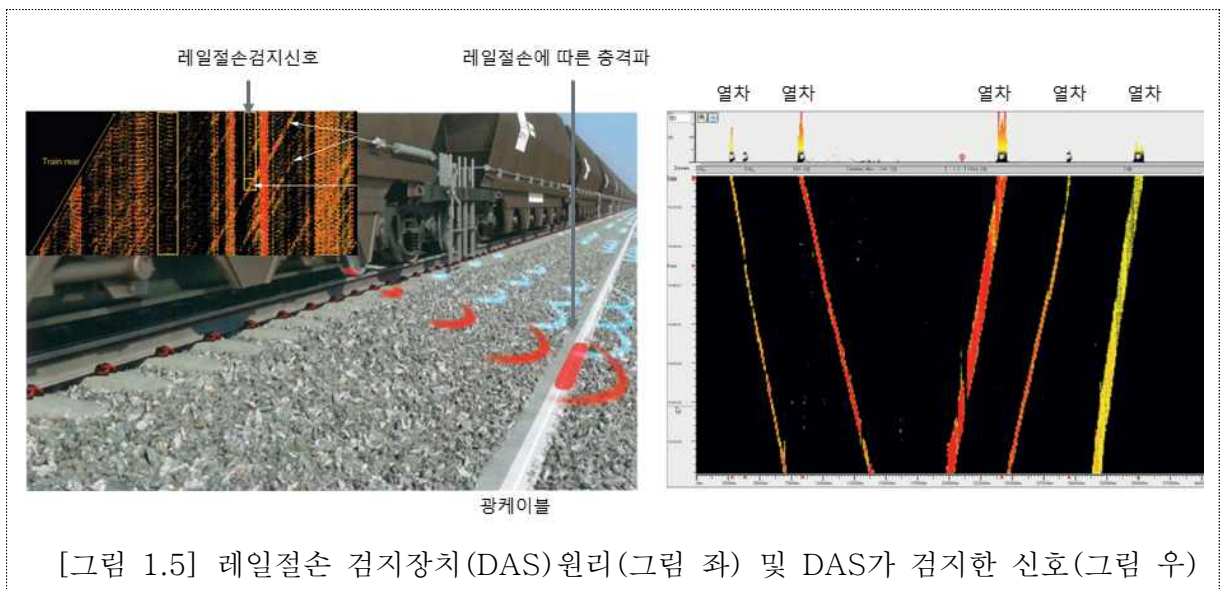
본 기획연구는 KTCS-3 열차제어시스템이 궤도회로를 사용하지 않는 환경에서, 열차가 주행 중인 레일의 절손이 발생한 경우, 이를 신속히 검지하고 해당 구역을 열차방호구역으로 설정하는지 시험을 통하여 검증하는 것임

○ 현재 사용중인 궤도회로를 레일절손검지용도로 전환하는 방법, 전철화 구간에서 귀선전류를 활용하는 방법, 광케이블을 이용하는 방법 등이 있음

# 제1장 기술의 정의 및 필요성



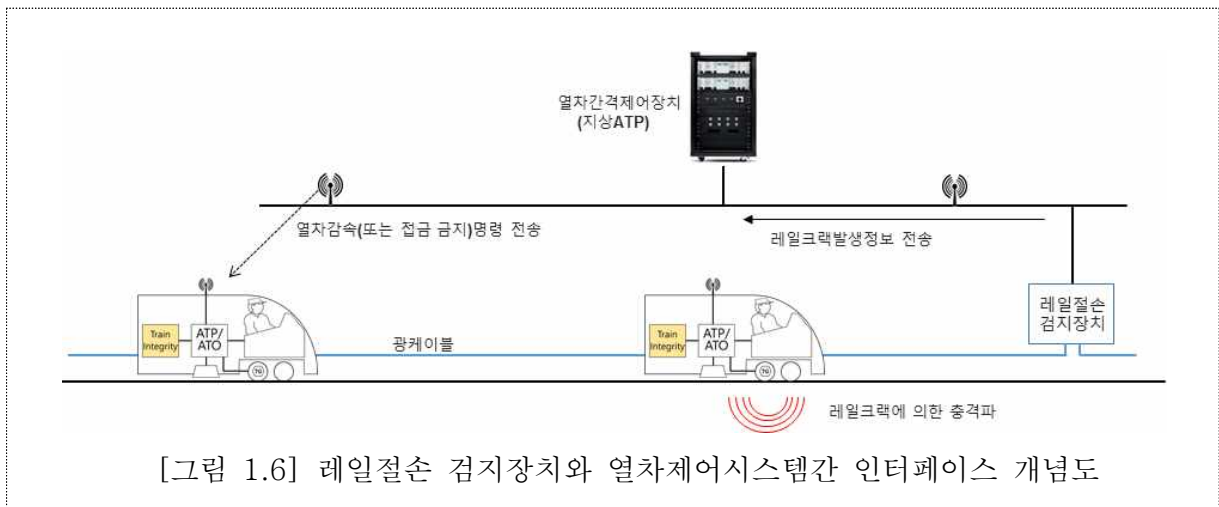
○ 본 과제에서는 광케이블을 설치하여 열차위치, 열차속도, 레일절손 등을 감지하는지 검증하는 것임



— 열차가 레일과 레일의 연결지점, 레일과 침목간 연결 지점을 주행할 때 발생하는 기계적인 충격을 선로변에 설치된 광케이블이 감지하고 이를 신호로 변환하여 분석하는 방식으로 외국에서는 다음 표와 같이 시범 구축하고 있음

프로젝트명	설치목적
• Washington BNSF (2017)	• 차륜마모, 레일절손, 시설물 감지
• Pennsylvania CSX waterline(2016)	• 열차추적, 레일절손
• Colorado TTCI(2016)	• 레일과손
• DB VDE(2017)	• 열차추적, 레일절손
• DB Zwickau - Bridge Security(2017)	• 침입감지,
• SNCF Villefranche(2015)	• 침입감지, 레일절손
• Queenslan Kuranda Range(2016)	• 낙석감지

- 철도통신을 목적으로 현재 선로변에 설치(포설)되어 있는 광케이블을 사용할 수 있어 레일절손검지시스템을 단기간에 저렴한 비용으로 용이하게 구축할 수 있음
  - 레일절손이 발생한 지점을 높은 정밀도로 확인할 수 있어 유지보수점검 시간을 궤도회로와 비교해서 많이 줄일 수 있음(현재 국내는 궤도회로를 이용하여 레일절손을 검지하고 있음에 따라, 레일절손이 발생한 정확한 위치를 확인할 수 없으므로 고속철도의 경우 레일절손이 검지되면 궤도회로에 해당하는 레일 1,500m를 모두 확인하여야 하는 단점이 있음)
  - 궤도회로를 활용한 레일절손 검지시에는 궤도회로 설치 후 바로 레일절손검지가 가능하나, 광케이블을 이용한 경우는 레일절손검지정보의 신뢰도를 높이기 위해서 열차별로 갖는 진동, 계절별 진동을 축적하고 분석하는 작업이 필요함
  - 또한 해외에서는 광케이블을 이용하여 분기구간이 있는 역구내, 차량기지 등에서의 궤도절손을 검지하기 위해서 액슬카운터를 같이 사용하고 있음



## 다. 열차안전간격제어기술 검증

### (1) 이동폐색(moving block)

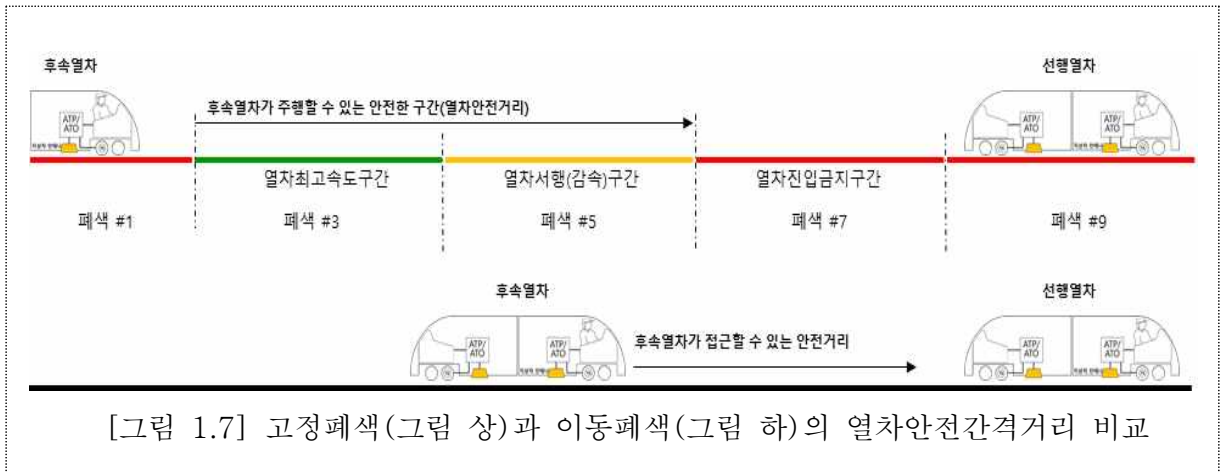
본 기획과제는 KTCS-3 열차제어시스템이 이동폐색을 사용하여 선행열차와 후속열차 간 열차 안전간격을 최소화할 수 있는 것을 검증함

- 열차제어시스템은 폐색(block)을 설정하여 열차간격제어와 열차진로제어 시 열차간충·추돌사고가 발생하지 않도록 열차를 방호함
- 폐색 1개에는 열차 1편성만이 진입하게 하여 열차의 이동을 제한하고 있음
- 궤도회로를 이용하면 궤도회로의 길이에 폐색의 길이가 고정되지만(fixed block), 무선통신기술을 사용하면 열차의 속도에 따라 폐색의 위치와 길이가 변경(moving block)

# 제1장 기술의 정의 및 필요성

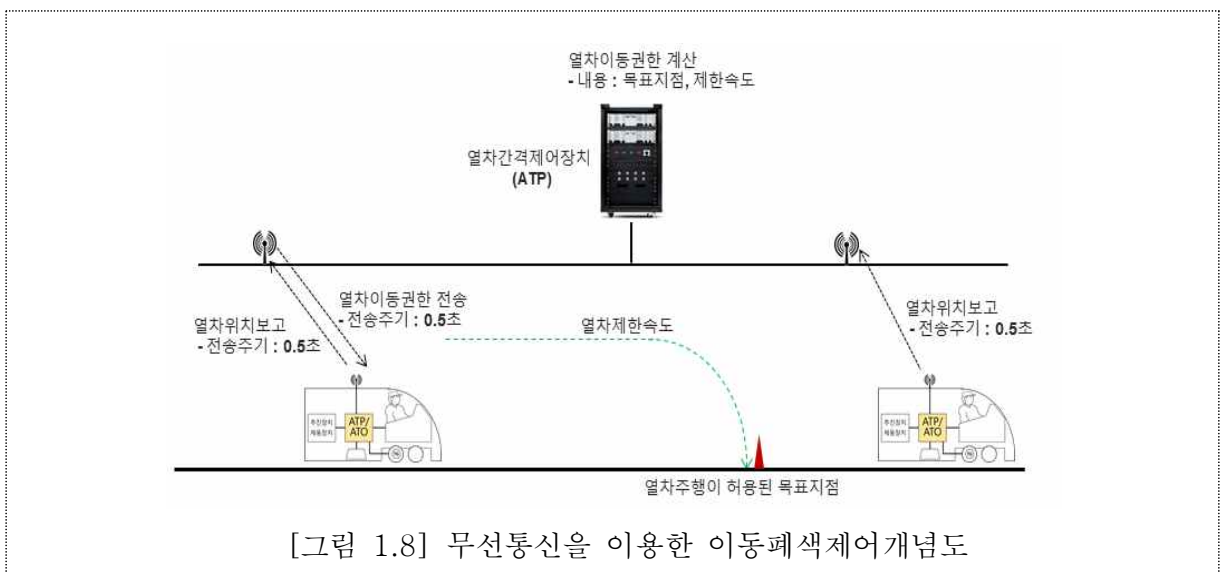
되기 때문에 열차간 안전거리를 짧게 할 수 있음

- 이동폐색을 이용하면 같은 선로에 고정폐색보다 많은 열차를 투입할 수 있어서 선로 수송용량을 높일 수 있음



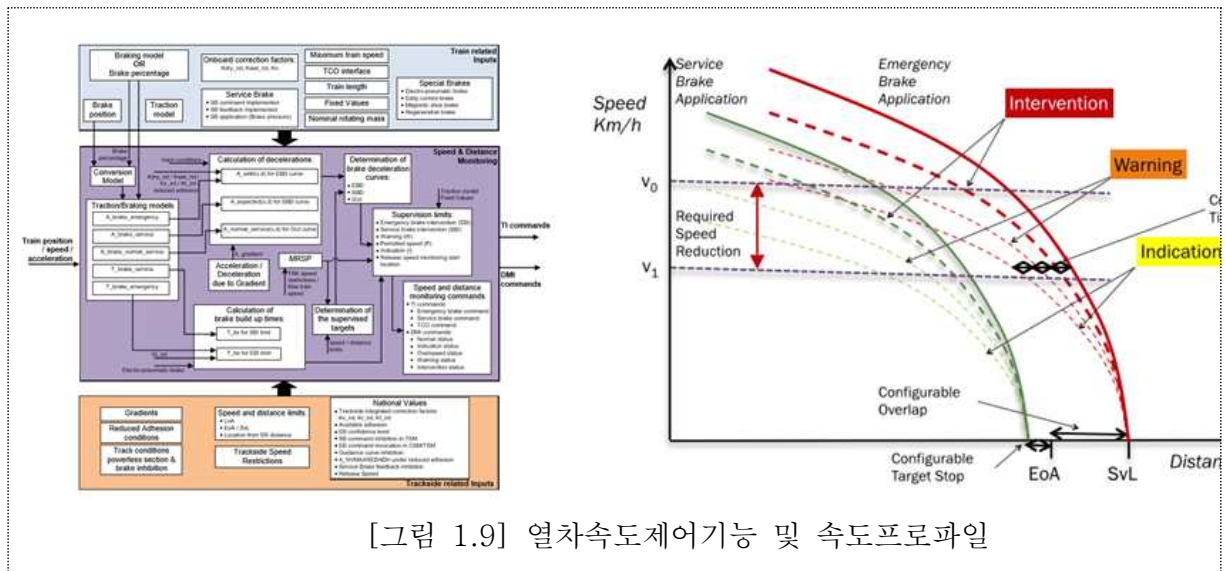
○ 이동폐색제어는 열차제어시스템의 지상ATP가 선행열차와 후속열차의 실시간 열차위치 정보를 토대로 열차간 안전거리를 설정하고, 이를 반복하여 수행함

- 선행열차의 차상ATP는 주기적(예:0.5초)으로 열차위치정보를 지상ATP로 전송하며, 후속열차의 차상ATP도 주기적으로 열차위치정보를 지상ATP로 전송함
- 지상ATP는 선행열차와 후속열차의 안전간격을 확인하고, 후속열차가 안전하게 접근할 수 있는 이동권한(목표지점, 정적속도프로파일)을 설정하고, 이를 후속열차에 주기적으로 전송함
- 후속열차의 차상ATP는 지상ATP가 전송한 이동권한을 토대로 목표지점을 갱신함



## (2) 열차속도제어기술

본 기획과제는 KTCS-3 열차제어시스템이 차상ATP가 지상ATP가 전송한 이동권한의 열차 제한속도를 초과하지 않도록 열차속도를 감시하고, 열차가 제한속도를 초과하면 제동을 인가하는지를 검증하는 것임



[그림 1.9] 열차속도제어기능 및 속도프로파일

## 라. 열차진로제어기술 및 열차운행스케줄관리기술 검증

### (1) 열차진로제어기술

본 기획과제는 KTCS-3 열차제어시스템이 기존 인프라인 전자연동장치에 변경없이 사용하는 것을 원칙으로 하고, 필요한 경우 최소한으로 수정하여 요구기능을 수행하는지 검증함

- 시험노선에 구축된 전자연동장치를 대상으로 열차제어시스템을 구성함
- 전자연동장치에 기 구축된 연동로직(열차진로제어로직)은 수정하지 않음
- 궤도회로를 사용하지 않기 때문에 연동로직에 필요한 열차검지정보는 지상ATP에서 제공함
- 지상ATP와 기존 전자연동장치간에 인터페이스 모듈(하드웨어 또는 소프트웨어)을 설치하여 지상ATP에서 전송한 열차위치정보를 연동로직이 사용할 수 있는 열차검지정보로 전환함

### (2) 열차운행스케줄관리기술

본 기획과제는 KTCS-3 열차제어시스템이 기존 인프라인 열차운행스케줄 관리장치와 연계하는 것을 원칙으로 하고, 필요한 경우 최소한으로 수정하여 요구기능을 수행하는지 검증함

## 제1장 기술의 정의 및 필요성

- 시험 노선을 관리대상으로 선정함
- 궤도회로를 사용하지 않기 때문에 열차위치추적에 필요한 열차검지정보는 지상ATP에서 제공함
  - 인터페이스 모듈(하드웨어 또는 소프트웨어)을 설치하여 지상ATP에서 전송한 열차위치정보를 열차검지정보로 전환함
  - 개발이 완료된 도시철도용 KTCS의 열차관제기술을 일부 활용할 수 있음

### 마. 자동열차운전기술

본 기획에서는 KTCS-3 열차제어시스템의 자동화 수준이 GOA2(Grade of Automation 2)에 만족하는지 검증하는 것임

- 열차제어시스템은 열차이동의 안전성, 열차의 가·감속제어를 수행
- 선로상태 감시, 승객의 승·하차 감시, 비상상황 검지와 조치 등은 수행하지 않음
- 최근 유럽과 중국은 고속철도의 자동운전을 검토하고 있으며, 2050년까지 일반철도 및 화물열차를 무인운전하는 목표로 하고 있음
  - 무인운전(GOA3)을 지원하기 위해서는 선로, 승강장, 건널목 등의 장애물을 검지할 수 있어야 함
  - 선택적으로 열차제어시스템이 출입문 개폐제어를 직접 처리할 수 있어야 함

### 바. 상호운영성기술(공간통합기술)

본 기획과제는 KTCS-3 열차제어시스템이 기존 인프라인 열차운행스케줄 관리장치와 연계하는 것을 원칙으로 하고, 필요한 경우 최소한으로 수정하여 요구기능을 수행하는지 검증하고 열차자동운전기술을 KTCS-2 열차제어시스템에 구현하는 것임

- 간선철도의 수송용량을 높이기 위해서는 열차운전시격을 단축하는 것이 필요하지만, 현재 간선철도에서 사용하는 궤도회로방식의 열차제어시스템으로는 한계가 있어서 CBTC를 추가하거나 ETCS L2에 ATO를 추가하는 방법을 선택하고 있음
  - ATO가 추가된 ETCS L2는 시간당 24편성까지 운행 가능한 것으로 분석되고 있으나, Crossrail과 같이 시간당 25편성 이상의 열차가 도심구간을 운행하기 위해서는 궤도회로를 적용하지 않는 열차제어시스템이 요구됨
- 도심지 간선철도구간을 효과적으로 건설하는 방법으로서 도시철도와 간선철도를 서로 연결하는 것을 고려할 수 있으나, 구간별로 상이한 열차제어시스템을 설치하고 있어서 열차에는 지상설비와 연계하기 위해서 2개 이상의 시스템을 설치해야 함
  - 이러한 접근 방법을 개선하기 위해서 유럽은 새로운 열차제어시스템 NGTCS(Next

Generation Train Control System)을 개발하기 위한 프로젝트를 진행하고 있음

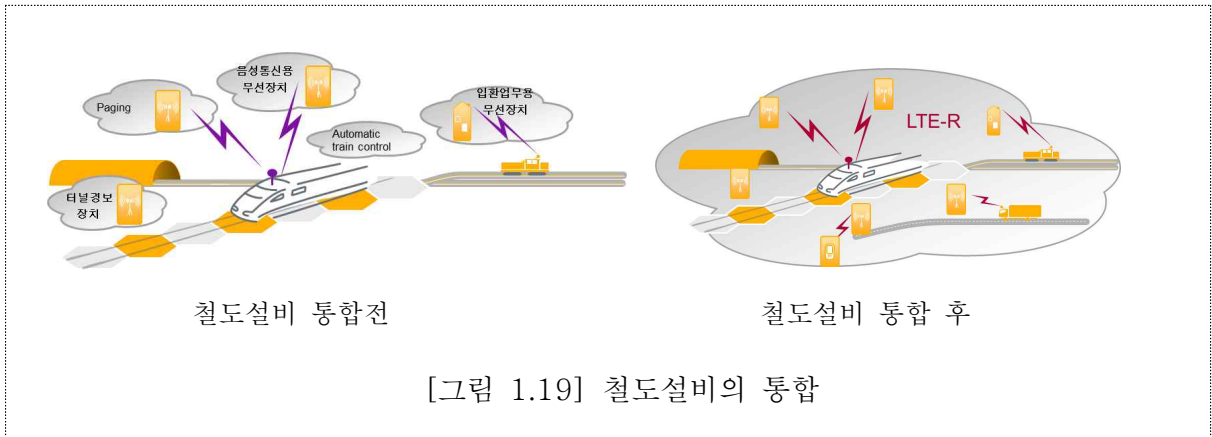
- 본 기획과제는 세부과제로 KTCS-3 열차제어시스템의 열차자동운전(ATO) 기능을 KTCS-2 열차제어시스템에 구현하여 성능을 검증하는 것임

# 제1장 기술의 정의 및 필요성

## 2절 후속연구의 필요성

### 1. 배경

- 열차제어시스템(또는 철도신호시스템)은 효율적인 열차운행계획관리, 선형열차와 후속 열차간 열차안전간격제어, 분기구역에서의 안전한 열차진로제어를 담당하며, 열차제어 시스템과 연계되는 타 설비가 증가하고 있는 추세임



- 열차제어시스템에 대한 안전요구수준이 높기 때문에 검증된 해외시스템을 도입·운영하고 있으나, 장애조치, 유지관리, 시스템 개량 등에 상당한 비용과 시간이 소요되고 있음
- 또한 급속도로 진행되는 도시화, 철도승객의 급격한 증가, 디지털기술 도입 등 빠르게 변화하고 있는 철도운영환경에 대응할 수 있는 새로운 열차제어시스템 개발이 요구됨
  - 1996년 이후 철도승객이 2배로 증가하였고, 향후 25년 이내에 다시 2배로 증가할 것으로 예상되며, 기존 열차제어기술을 적용해서는 승객수요증가에 대응할 수 없음
  - 도시가 확대되면서 도심지를 통과하는 일반·고속철도의 운행편 확대, 교외로 도시철도연장 등 도시철도와 일반·고속철도를 연결하기 위한 프로젝트가 증가하고 있으나, 연계운행 효과를 극대화하는데 기존 열차제어기술은 적용하는 것은 적합하지 않음
- 1990년대에 시작된 유럽의 ERTMS/ETCS전략은 유럽철도망 통합, 기술 규격화 등을 통해서 많은 기술적, 경제적 성과를 도출하였으며, 세계철도산업의 주도권을 계속 유지하기 위해서 새로운 철도산업혁신전략을 수립하여 진행하고 있음
  - ERTM/ETCS전략은 열차제어시스템에 극한된 프로젝트이었지만 전 세계 일반·고속 철도 노선 8.5만km, 기관차 3,500여대에 시스템을 구축하였으며, 지속적으로 증가가 예상됨
  - 철도운영환경의 변화, AI를 포함한 새로운 디지털기술의 상용화 등에 따라 모든 철도 분야(인프라, 차량, 신호·통신, 에너지, 운영 등)를 대상으로 한 철도산업혁신프로젝

- 트(FORSTER-RAIL, SHIFT2RAIL, NGTC)를 시작하였으며 2050년까지 완료할 계획임
- 중국은 철도신호·통신에 국한된 NGCTCS 전략을 검토 중에 있으며, 일본은 유럽의 철도신호업체(ANSALDO STS)를 매입하여 유럽의 철도산업혁신프로젝트에 참여하고 있음
- 무선기반의 한국형 신호통신시스템(KTCS)을 개발하여 외국에 종속되었던 국내 철도신호통신 산업의 자립 기반을 마련하였으며, 일반·고속선을 대상으로 ‘한국형 철도신호시스템 구축계획(국토교통부, 2017.4)’에 의하여 세계시장진출을 위한 발판을 마련하고 있음
- 「한국형 철도신호시스템 구축계획」에 의하여 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 개발(KTCS-M ; 2010.12~2014.6)DL 완료되어 신림선과 동북선에 구축하고 있음.
  - 일반·고속철도용 KTCS-2 열차제어시스템은 개발이 완료되어(2017.6) 전라선 시범노선에서 구축 중이며 성능을 검증하고 영업운행을 수행한 후 신설 및 개량시기가 도래하는 노선에 단계적으로 설치하여 ‘29년까지 전국의 신호시스템을 KTCS-2로 교체하는 것을 목표로 하고 있음.
  - ETCS L3급의 KTCS-3 연구개발과제를 수행 중이며 2020년 12월에 개발이 완료될 예정임
- 유럽을 중심으로 한 대외적인 환경변화에서 국내 철도신호통신 산업의 대외 경쟁력을 높이기 위해서는 철도 수송용량 증대, 비용절감, 안전성 향상 및 편의성 향상 등을 지원할 수 있는 차세대 철도신호통신시스템인 KTCS-3의 실용화를 위하여 성능검증을 위한 현장시험이 요구됨
- 이를 위하여 시험 인프라 구축 및 성능시험 및 성능평가에 대한 계획이 필요함
  - 시험 인프라 구축은 시제품 제작 및 시험노선의 선정 및 지상/차상 장치의 구축이 필요함
  - 현장시험을 통한 성능과 안전성을 공인인증기관으로부터 검증받아 영업선에 적용할 수 있는 기반을 마련할 필요가 있음

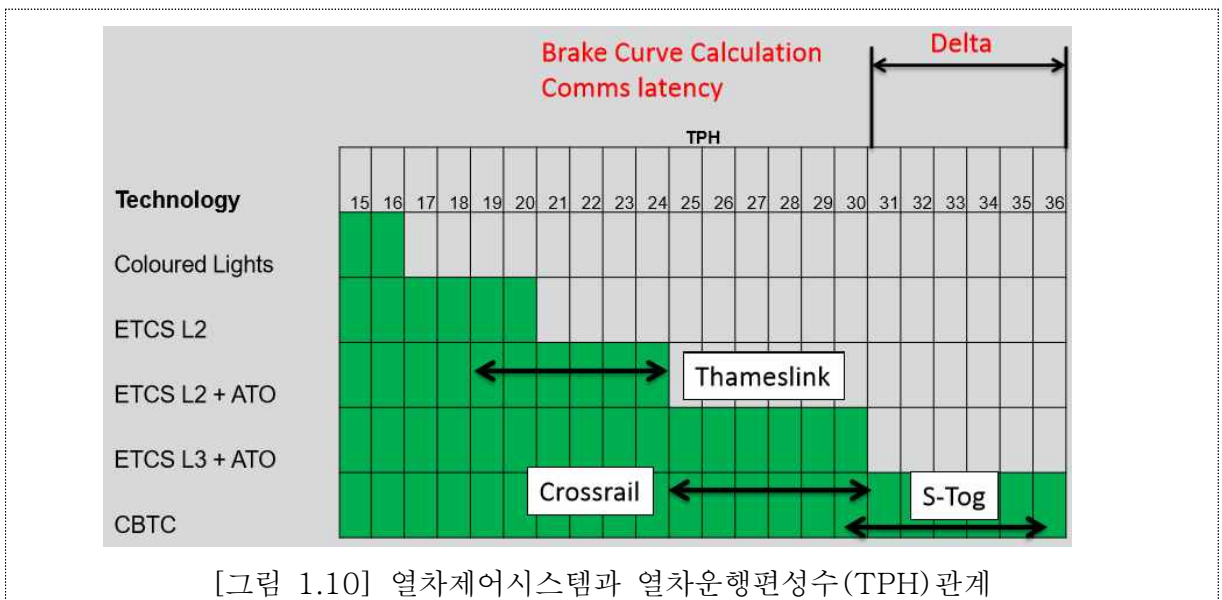
# 제1장 기술의 정의 및 필요성

## 2. 수송능력(Capacity) 측면

### 가. 무궤도회로방식의 열차제어기술 적용

‘국가 철도망 구축 계획’은 전국 주요 도시를 1시간30분대로 연결하는 것을 목표로 하고 있으나 다음과 같은 현안사항을 갖고 있음.

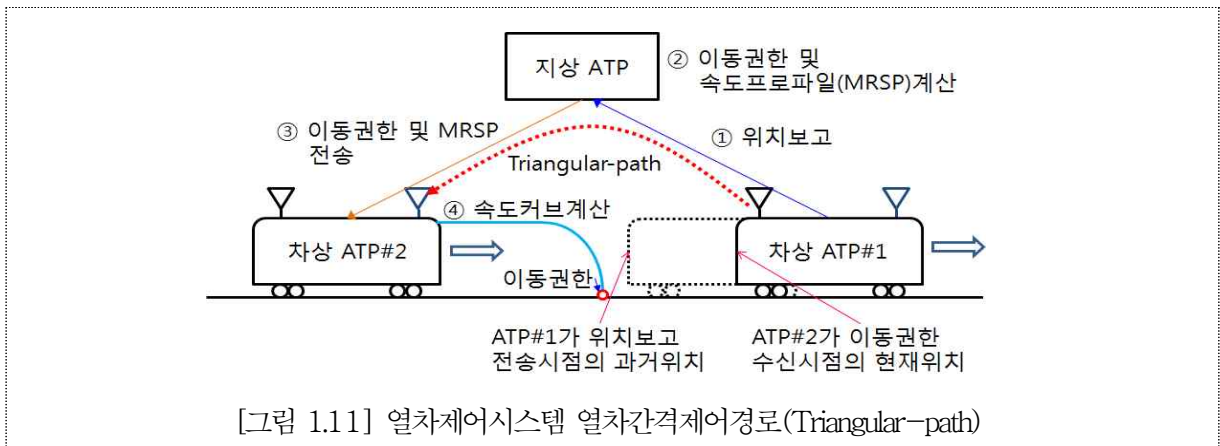
- 정부 및 호남고속철도는 최고속도 350km/h로 설계되었으나 선로용량의 한계 등으로 인하여 300km/h로 운영 중임
  - 직통 고속열차운영의 경우, 서울·수서~부산은 2시간 이내, 용산·수서~광주송정은 1시간 25분 소요(선로배분 기본 계획, 2017.3)
- 여러 방안을 적용하여 이 같은 현안사항을 해결할 수 있으나, 짧은 시간에 저렴한 비용으로 해결하는 방안은 선행열차와 후속열차 간 안전간격을 현재보다 단축하는 것임
- 열차 간 안전간격을 단축하기 위해서는 열차위치를 정밀하게 실시간으로 추적하는 것이며 자동열차운전기능(ATO)을 적용하면 효과를 보다 높일 수 있음
- 아래 그림과 같이 궤도회로를 사용하는 ETCS L2보다 ATO를 적용하면, 열차를 시간당 4편성 증편할 수 있으며, 궤도회로를 사용하지 않는 ETCS L3에 ATO를 적용하면 열차를 시간당 10편성 증편할 수 있는 것으로 분석되었음(Benefits and Barriers to CBTC and ETCS Convergence, MetroRail 2021).



- 궤도회로를 사용하지 않고 무선통신기술을 적용하는 열차제어시스템은 차상시스템과 지상시스템 간 이루어지는 제어정보를 기반으로 지상중심(wayside-centric)의 간격제어를 수행함. 즉, 실시간 열차위치를 추적하여 역간 운전시격을 최소화하는 것으로 도시

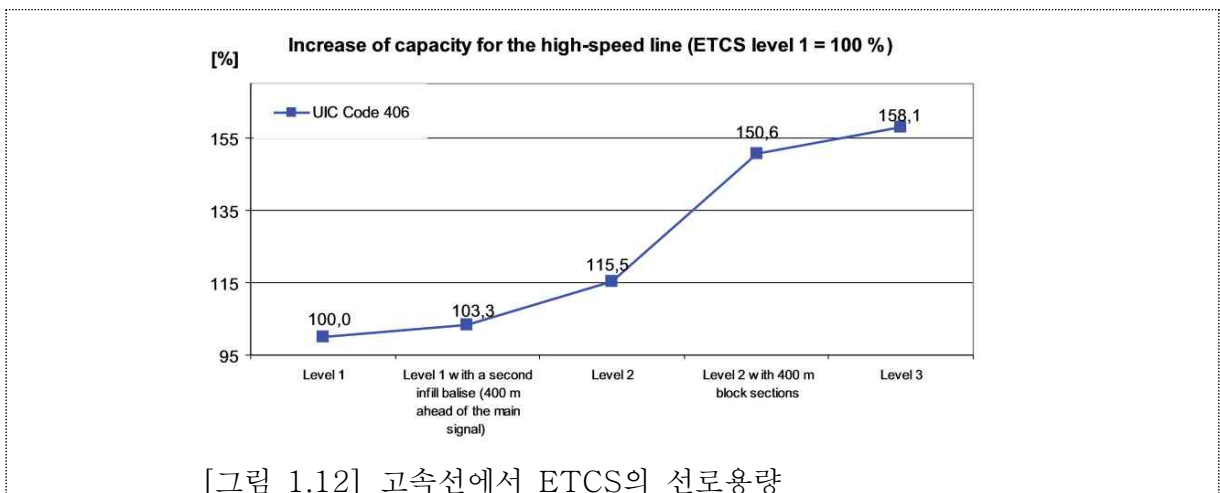
철도의 경우는 90초까지 단축하는 것이 가능하며, 후속열차와 선행열차 간격제어를 지상시스템에 의존하는 triangular-path 형태의 cyclic-path 제어경로를 가지고 있음

-아래 그림과 같이 ①선행열차의 위치보고를 지상 ATP가 수신하여 후행열차의 ②이동권한과 속도프로파일(MRSP)을 계산하고 ③계산된 이동권한 및 MRSP를 후행열차로 전송하여 열차간격을 제어하는 방식으로써 후행열차가 수신한 이동권한은 이미 triangular-path를 통한 과거의 선행열차 위치를 반영하여 열차간격을 제어함



-아래 그림과 같이 무선통신기술과 궤도회로를 사용하지 않는 ETCS L3를 고속선에 적용하는 경우 선로용량(line capacity)이 58% 증가하고, 일반철도에 적용할 때는 선로용량이 42% 증가하는 것으로 분석됨

- 이미 운영 중인 노선에 ETCS L3를 적용할 경우(개량할 경우), 운영 중인 열차의 종류, 선로구성 등에 따라 선로용량은 15~60% 내에서 변동될 것으로 예상됨
- 궤도회로의 길이를 최적화하는 경우, ETCS L2와 ETCS L3간 수송용량에 차이가 없는 것을 확인할 수 있으나, 지상에 설치되는 신호설비(궤도회로)의 수량이 증가함에 따라 신뢰성 저감, 설치비용 상승, 유지관리비용 상승 등이 발생됨



# 제1장 기술의 정의 및 필요성

## 3. 비용(Cost) 측면

새로운 열차제어시스템의 개발은 시스템 도입비용과 시스템 운영비용의 분석이 요구된다. 본 과제에서의 비용분석은 ETCS L3의 상용화 사례가 없는 관계로 관련 비용분석 보고서를 근거로 함

- 영국은 일반·고속선에 ETCS 도입을 분석하였으며, ETCS L1을 기준으로 했을 때 ETCS L3는 구축비용을 25~40% 정도 절감할 수 있는 것으로 기대되었음
  - 궤도회로 대신 무선통신방식으로 열차를 제어할 경우 열차운영조건에 따라 유지보수 비용을 10~50% 정도 절감할 수 있음
- TOSCA에서 특정 조건에 ETCS L3의 기대효과를 분석한 결과 시설관리비용을 25% 절감하는 것으로 기대되었음 (Transport Infrastructure Capacity Assessment, TOSCA, 2008).

[표 2.22] NGTC의 WP 및 업무내용

대상노선의 특징	ETCS L3의 기대효과
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 운행편성 : 12~15 trains/h</li> <li>• 열차용량 : 1020석</li> <li>• 수송용량 : 15,300석/시간</li> <li>• 운영비용 : 0.063유로/승객-km</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수송용량 : +35%(향상)</li> <li>• 지상구축비용 : 1,000유로/km</li> <li>• 차상장치비용 : 280,000유로/열차</li> <li>• 시설관리비용 : -25%(절감)</li> </ul>

#### 4. 안전(Safety) 측면

- 무선통신을 사용하는 열차제어시스템이 궤도회로방식의 열차제어시스템에 비해서 수송 용량과 비용 측면에서 상당한 장점을 확보하고 있으며, 높은 안전성을 확보하고 있음
- 궤도회로가 수행하던 레일절손검지 및 열차분리사고 검지가 필요함

Safety Features	Conventional	CBTC
Speed Supervision	Limited	Yes
Train Localization	Yes	Yes
Safe Train Separation	Yes	Yes
Rollback Protection	Limited	Yes
Parted Consist	Yes	Yes
Train Door Interlocks	Yes	Yes
Departure Interlocks	Yes	Yes
Route Interlocks	Yes	Yes
Protection against passing a signal at danger	Yes	Yes
Broken rail detection	Yes	No
Protection against human error	No	Yes

[그림 1.13] 무선통신방식과 기존방식의 안전성 분석

# 제1장 기술의 정의 및 필요성

## 5. 편의성(Service) 측면

### 가. 운영환경변화에 대한 신속한 대응

- 선로를 변경하거나 연장하는 경우, 궤도회로방식의 열차제어시스템은 지상에 궤도회로를 포함한 신호장치를 설치(또는 변경)해야 하므로 많은 작업시간이 필요하지만, 무선통신방식의 열차제어시스템은 선로에 설치할 신호장치는 지상자(트랜스폰더), 무선장치로 제한되기 때문에 짧은 시간 내에 작업을 완료할 수 있음 따라서 운영 편의성을 향상시킬 수 있음

### 나. 정시성 보장

- 수송능력 관점과 마찬가지로 수요가 많은 노선에 더 많은 열차를 투입할 수 있다는 것은 운영 편의성 외에도 승객 편의성(주행시간 단축, 역 대기시간 단축, 정시성 등)이 향상된다는 것을 의미함 이외에도 부득이하게 열차 지연이 발생할 때도 이후 열차를 최대한으로 근접시켜 운행할 수 있으므로 회복 운전을 하는 데에도 유리하다.

### 다. 열차자동운전

- 일반·고속철도운영이 수동운전중심이나, 철도운영기관은 열차에 자동운전을 부가하여 다음과 같은 효과를 기대하고 있음
  - 운행스케줄에 최적화된 열차주행을 통해서 승객에게 편의성 제공
  - 계획된 패턴 주행을 통하여 기계적인 마모를 최소화
  - 적은 열차를 이용하여 동일한 서비스 제공(수송용량 증대)
  - 경합해소, 주행시간단축, 운전곡선 최적화를 통한 에너지 절감
  - 다양한 서비스 패턴 등을 효율적으로 처리

## 6. 후속연구를 하지 않았을 경우 발생하는 문제점

- 인구의 도시집중화가 지속되고 있으며 통계학자들의 예측에 따르면 2030년에 전세계 인구의 60%가 도시에 집중하게 되며 이로 인해 도시와 도시 간 또는 도시 내에서의 철도이용객의 증가가 예상됨
  - ※ 출처: United Nations, World Urbanization Prospects: The 2005 Revision (2006) and Carl Haub, 2007 World Population Data Sheet.
  - 궤도회로방식의 열차제어시스템은 일정 수준 이상의 수송력 증가에 한계가 있으므로 이러한 철도 이용객 증가 수요에 대처하지 못하게 되며 결국 막대한 비용을 투자하여 노선 증축이 필요하게 됨
- 검증된 국내 기술을 활용하여 새로운 열차제어시스템을 개발하여 국외시스템 도입에 따른 막대한 구축비용 및 유지보수비용을 절감
- 열차제어시스템의 통합과 효율화는 세계적인 추세이며 이를 충족하기 위해 유럽, 중국, 일본 등에서 중장기 로드맵을 구축하고 기술개발을 경주하고 있는 상황임
  - 유럽의 철도산업혁신전략에 대응하지 않을 경우 수송용량, 가격, 승객서비스 등의 경쟁력 부족으로 과거와 같이 외국시스템이 국내 철도시장을 주도할 것임
  - 유·무선통신으로 철도설비가 모두 통합되고 있는 상황에서는 철도운영, 승객서비스, 유지·관리 등 철도의 모든 분야가 외산시스템에 종속될 것임
- R&D 사업으로 추진한 “무궤도회로방식의 열차제어시스템 개발” 연구과제로 개발한 KTCS-3 열차제어시스템은 차세대 열차제어시스템 통합기술로서 후속연구사업을 미시행할 시에는 다음과 같은 문제가 발생됨
  - 후속 연구사업으로 KTCS-3 열차제어시스템 현장시험 미시행 시 이동폐색기반 ATP/ATO 장치 제조기술 및 운영기술이 사장됨
  - 후속 연구사업으로 KTCS-2 열차제어시스템에 열차자동운전(ATO) 구현을 미시행할 시 일반·고속열차 자동운전 구현기술 및 상호운영기술이 사장됨
  - 후속 연구사업으로 시험차량 확보를 하지 못할 경우 개발된 ATP/ATO 차상장치의 제조기술, 운영기술이 사장되고 KTCS-3 열차제어시스템의 현장시험이 불가능함
  - 후속 연구사업으로 Subset 업그레이드(Baseline 2 → 3) 미시행 시 국제적으로 요구하고 있는 Baseline3 기술규격을 충족하지 못함으로써 세계시장에서 경쟁력이 상실됨

# 제2장 국내외 동향 및 배경

## 1절 국내외 정책동향

### 1. 국내 정책동향

- 국토교통부는 철도노선별 연계운행 강화 및 운행시각 단축을 통한 철도수송능력증대, 세계 기술시장 변화에 대응한 철도안전을 확보하고자 무선통신을 기반으로 하는 한국형 무선통신기반 열차제어시스템(KTCS: Korean Train Control System)을 개발하고 국산 신호시스템 도입의 필요성 강조
- 국내 설치된 신호시스템의 노선별·시기별로 서로 상이한 기종 도입의 문제점과 노선 간 연계운행이 제한되고 경제성·안전성도 저하될 뿐 아니라, 신호시스템 핵심기술의 해외 의존 및 국내 상용화 한계로 시스템 국산화가 미흡하여 국내 철도 신호산업 성장을 저해되는 등의 문제점 극복하고자 국토부를 중심으로 한국형 철도시스템 구축계획을 수립하였음(2017.4)
  - (개발계획) ‘18년부터 ETCS Lv3급(무궤도회로방식) 이상의 자율주행이 가능한 차세대 신호시스템 기술개발 및 실용화 추진(‘18~’ 30)
    - (1단계 : T2I 방식) 기존 시스템과의 상호운영성 확보 및 해외시장 진출을 위해 ETCS Lv3 기반 신호시스템 우선 개발(‘18~’ 21, 약 290억)
    - (2단계 : T2T 방식) 열차 간 무선통신 및 IoT, 인공지능(AI)을 활용하여 자율주행이 가능한 신호시스템 개발(‘18~’ 30, 약 520억)
- 집중 국정운영과제(‘13.5)에서 중 교통체계 선진화에서는 대도시권 광역철도망 구축과 함께 운전시각 향상을 통한 철도 병목구간 개선으로 철도신호시스템에 대한 과제 필요성 제기
- 건설교통 R&D 중장기 계획안('13~'17)에서는 철도시스템 성능 및 수송력 향상 운전시각 향상을 통한 수송력 향상과 지상설비 제거를 통한 비용절감 및 세계시장 선도 첨단 교통물류 원천기술 확보를 제시하였음
- 국토교통과학기술진흥원 미래철도기술 로드맵 2040('15.1)에서는 고밀도 열차제어 운영 및 대용량 여객·화물 수송에 관한 기술과 신개념 인프라 기술개발의 필요성이 제시되었음

## 2. 국외 정책동향

- 2009년 영국 교통부는 30년 후에도 철도가 지속적인 성장을 하기 위한 비전을 담은 백서 "Delivering a Sustainable Railway" 작성하고 용량확대, 탄소배출량감소, 고객만족, 비용감소를 철도가 지속적으로 성장·발전하기 위한 핵심적인 요구조건으로 정하고, 30년 후인 2040에 달성하여야 할 도전 목표를 설정하였음
- 영국은 세부 실천과제로 8대 핵심기술과제 선정하였으며 최적화된 궤도-열차 간 인터페이스 개발, 철도의 용량과 신뢰성 향상, 단순하고, 유연하고, 정확한 제어 시스템, 최적화된 견인력과 에너지 등 신호시스템과 연관된 분야에 집중적인 실천계획 수립
- 프랑스는 철도차량 설계(모델링, 신 재료, eco-design)와 유지보수, 교육훈련 측면에서 경쟁력 확보하고 환경오염, 고객만족도 향상기술 개발과 함께 2020년까지 철도 용량 증대 방안에 대한 연구 수행
- 미국의 철도분야는 주로 안전성 향상 부분에 초점을 맞추고 있으며 종사자, 하부구조물, 장비, 제어시스템, 교차로 등 여러 요인과 연결되어 있으므로 제어시스템 등 관련 분야에 연구가 수행되고 있음
- 유럽이 주도하고 있는 철도산업의 경쟁력을 지속적으로 유지하고, 유럽철도시장규모를 확대하기 위한 Forster Rail, Shift2Rail을 추진하고 있음
  - FOSTER-RAIL(Future of Surface Transport Research Rail)은 유럽철도의 연구 개발 및 혁신전략을 강화할 수 있도록 지원하는 것이 목적임
  - NGTC는 ETCS와 CBTC시스템을 통합하여 신호시스템 공급자에게는 보다 큰 신호 시장을 제공하고, 시스템 사용자에게는 경쟁을 강화해서 시스템구매비용을 낮추는 것이 목적임
    - 프로젝트에 신호시스템 공급사, 간선철도운영자, 철도시설관리자, 도시철도운영자 참여
    - NGTC에서 도출된 성과물은 SHIFT2RAIL의 Innovation Platform 2(Traffic Management and Control Systems)에 적용되었음
    - NGTC는 WP를 9개로 구성하여 본 프로그램의 목표를 달성하였음

[표 2.1] NGTC의 WP 및 업무내용

분류	세부연구주제
WP 1	• 프로젝트 관리
WP 2	• ETCS와 CBTC시스템의 운영사항과 기능사항의 공통 및 고유사항 분석
WP 3	• 시스템 구조, 시스템 요구명세서 정립

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

WP 4	• NGTC의 메시지 분석과 메시지 규격서 작성
WP 5	• 이동폐색의 원칙 및 검증
WP 6	• 무선통신시스템의 일반요구명세 및 적용 가능한 무선통신기술 검증
WP 7	• 위성을 이용한 열차위치검지
WP 8	• 용어 및 성과물 관리
WP 9	• 성과물의 전파 및 사용자 관리

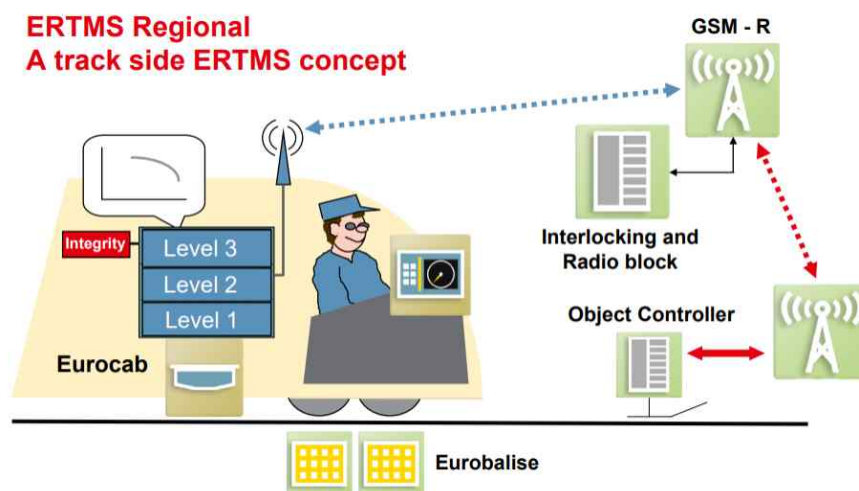
– Shift2Rail은 단일화된 유럽철도망 구축, 유럽철도시스템의 장점과 경쟁력을 획기적으로 높임, 유럽철도산업의 글로벌 시장 주도를 목표로 진행되고 있음

- FOSTER-RAIL, NGTC 프로젝트와 달리 본 프로젝트는 연구개발을 실행하는 사업으로서 매년 연구과제를 공모하고 선정된 과제에 예산을 지원하고 있음

○ 또한 기존 열차제어시스템이 갖는 문제점을 해결하기 위해서 CBTC시스템과 같이 궤도회로를 사용하지 않는 시스템 등을 개발하여 시험 중인 것으로 확인

– 북유럽은 궤도회로를 사용하지 않고 이동폐색 원리를 지원하는 ETCS (European Train Control System) Level3의 일부 기능을 포함하는 시스템을 구현 중에 있으며, 궤도회로를 사용하는 ETCS Level1 및 Level2를 기본으로 선로변 장치를 최소화한 ETCS Regional 시스템을 개발하여 시험 중임

- (ETCS Regional)ETCS level 3 적용성 연구와 함께 한산선구 또는 지방철도의 신호시스템을 개량할 때 소요비용을 절감하기 위해서 ETCS Regional을 개발하여 시범운행을 실시하고 있음



[그림 2.16] ERTMS Regional 구성도(참조 Bombardier Transport)

- 일반적으로 주요 선로에 사용되는 지상장치(궤도회로 포함)는 한산선 또는 지방철도에서 사용하기에는 상당히 고가이기 때문에 이를 설치하고 운영하는 적절하지 않음
  - ETCS Regional은 ETCS 차상장치와 동일한 것(동일급)을 사용하고, 지상장치의 비용을 획기적으로 줄이는 것으로 구성되었으며, 운영비용을 20~35% 절감할 수 있음
  - ETCS Regional이 사용하는 ETCS 차상장치의 가격이 고가이기 때문에 ETCS Regional을 한산선구에 적용하는데 장애물로 작용하고 있으며, ETCS Regional 가격이 합의되지 않은 상황임
- 또한 네덜란드의 ProRail사와 영국의 NetworkRail이 ETCS Level 3의 구성품에 대한 시험을 실시하였으며, ETCS Level 3를 효율적으로 구축하기 위한 MOU(2016) 체결하여 관련 사업계획을 마련하였음

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

### 3. 국내 철도·교통관련 주요 정책과제 및 세부 추진내용

#### 가. 철도정책

- 우리나라의 2016년 철도정책(계획)은 크게 안전, 정책지원, 운영지원, 이동편의시설설치지원, 정보화, 기술연구 및 기타 지원(철도건설지원, 지하철개통지원, 공단 지원, 물류산업 지원) 등
- 안전부문은 철도의 운영 및 시설관리, 사고 대응 등 철도와 관련된 각종 안전에 대한 부문으로서 세부 사업으로는 일반철도시설 유지보수위탁, 일반철도안전 및 시설개량사업, 고속철도 안전 및 시설개량사업, 철도교통 관제시설 운영위탁, 철도사고조사·체계구축, 철도시설위탁 및 관리, 철도안전관리제도 운영 등 7개의 세부 사업
- 이 중 4개의 사업은 안전한 시설(일반철도시설 유지보수위탁, 일반철도 안전 및 시설개량사업, 고속철도 안전 및 시설개량사업, 철도시설위탁 및 관리)과 관련이 있으며, 2개의 사업은 안전관리(철도교통관제시설 운영위탁, 철도안전관리제도 운영), 1개의 사업은 철도관련 사고대응을 위한 사업임
- 정책지원부문은 철도기본계획수립, 철도산업발전지원, 철도역 환승동선 개선 및 척도핵심인력 양성 등 4개의 세부 사업
- 철도기본계획수립은 국가의 효율적인 철도망 구축을 위하여 국가철도망구축계획에 따라 추진 중인 사업의 타당성 조사 및 기본계획을 수립하는 것으로, 철도건설 사업별로 철도기본 계획 수립
- 철도산업발전지원은 철도관련 정책수립 및 철도산업 경쟁력 강화를 위한 연구와 철도산업 해외진출 활동을 지원하기 위한 사업으로서 철도가 글로벌 시장에서 경쟁력 확보 지원

#### 나. 교통정책

- 우리나라의 2016년 교통정책(계획)은 크게 정보화, 대중교통 체계 구축, 연구, 계획 및 평가, 국제협력, 도시 BRT, 환승체계구축, 주차환경개선사업 등 구분
- 철도교통 경쟁력 향상을 통한 수송 분담률 제고를 통하여 국민 행복을 위한 빠르고 안전하고 경제적인 철도개발 및 철도산업을 고부가가치 창조형 신성장 동력으로 육성하여 세계 일류 철도기술의 확보 및 일자리 창출을 통해 국가 경제에 기여 방안 연구
- 철도신호시스템(이하 열차제어시스템)은 안전하고 효율적인 철도운행을 보장하는 철도설비로서 고속철도의 수송용량을 높여서 고속철도를 중심으로 교통체계를 구축하는데 핵심적인 역할을 수행
- 현재 고속철도에서 사용 중인 열차제어시스템은 궤도회로를 사용하고 있어서 수송용량

을 획기적으로 높이거나 선로에 설치되는 장치(또는 구성품)을 획기적으로 줄이는 것이 어려움

- 전국 주요 도시를 1시간30분대로 연결하기 위한 ‘국가 철도망 구축 계획’ 정책의 실현을 지원하고, 해외에서 추진하고 있는 기존 신호 및 타 선로장치에 대한 의존도를 저감하는 기술 개발 등에 대응하기 위해서는 궤도회로를 사용하지 않는 고속철도 및 일반 철도용 열차제어기술을 개발하는 것이 요구
- 국내의 경우 현행 경부 및 호남고속철도는 최고속도 350km/h로 설계되었으나 선로용량의 한계 등으로 인하여 300km/h로 운영하는 한계를 갖고 있는데, 최고속도로 운행하기 위해서는 선행열차와 후속열차간 열차안전간격을 최소로 단축하는 정밀한 열차제어기술개발이 필요
- 국내의 경우 국토교통부에서 열차 신호시스템 표준화방안(2010.11)을 마련하고, 궤도회로를 사용하지 않는 한국형 무선기반 신호시스템 KTCS(Korean Train Control System)을 개발하고 국내 철도에 적용하기 위한 단계별 추진전략을 제시

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

### 4. 정책동향 분석 시사점

- 철도 신호시스템 분야의 주요 정책 목표는 철도와 첨단 ICT 기술을 접목하여 비용절감과 수송력 향상 그리고 안전성과 편리성 향상이 요구되고 있으며 해외 철도 선진국에서도 미래 철도기술에서 수송량 향상과 승객 중심의 서비스 향상 그리고 비용절감은 공통된 중장기적 목표임을 확인할 수 있음
- 열차제어시스템 기술은 기존의 지상/전기/HW 중심의 열차제어기술에서 차상/통신/SW 중심으로 변화되고 있으며 지상신호 중심에서 차상중심으로 열차제어기술로 지능화, 열차간 협업화를 통해 수송력 향상, 승객서비스 향상, 비용절감, 안전성 향상을 목표로 함
- 국내 열차제어시스템 제작사의 경우 국가연구개발사업을 통해 무선통신기반 열차제어시스템 기반기술은 확보한 상태이나 현실적으로 열차제어시스템 모듈화 개발에 따른 개발 비용 및 인력을 감당하기 어려운 실정임
- 대기업 위주의 열차제어시스템 제작사에서 열차제어시스템 인터페이스 장치를 개발 주도하였으나 열차제어시스템과 접목 가능한 다양한 종류의 안전장치 개발과 관련 산업의 활성화를 위해서는 중소기업이 참여 가능도록 열차제어시스템을 중심으로 표준 인터페이스체계 수립 필요
- 열차제어시스템을 중심으로 모듈화에 필요한 표준 인터페이스체계 수립이 요구되므로 정부 주도의 표준인터페이스 체계 수립이 필요함

## 2절 국내외 시장현황 및 전망

### 1. 시장관련 환경분석

#### 가. 저출산 및 고령화

- 세계인구 구조는 급격한 고령화의 진행으로 인해 전 세계적으로 60세 이상 고령 인구는 2050년에는 지금의 세 배 이상이 될 것으로 전망
- 우리나라는 고령화 사회에서 고령사회, 초고령사회로 진전되는 속도는 대표적인 고령국가인 일본(24년, 12년), 프랑스(115년, 39년) 등에 비해 현저히 빠름
- 저출산·고령화로 노동력의 감소에 따라 잠재 성장률도 둔화될 것으로 전망되며, 이러한 고령인구의 증가는 이들을 고려한 정책의 설계 필요성 및 요구 증가
- 교통 분야에서도 가구 규모의 소규모 및 교통약자의 이동성 향상을 위한 수단개발의 방향으로 변모

#### 나. 도시화

- 세계적으로 도시화(urbanization)는 급격히 가속화되어 2030년에는 전 세계인구의 53.6%가 도시에 살 것으로 전망(국내 도시화는 2050년까지 약 90% 예상)
- 도시화 및 도시 이주 등으로 인하여 국토의 효과적 이용이 요구되고, 인구 밀집으로 인한 삶의 질 저하가 심화되는 등의 문제점들이 예상되며 도시의 발달에 따라 대도시를 유기적으로 연계하는 거대 도시권역(Mega-City-Region) 형성이 가속화 예상
- 거대 도시권 간 유기적 연계와 규모의 경제를 창출하고 시너지효과를 불러올 수 있도록 고속교통망 연결에 대한 투자가 증대될 것으로 전망
- 미래사회는 도시화로 인해 도시인구가 더욱 집중되면서 도시 간, 지역 간 이동이 더욱 활발해짐에 따라 여객·화물의 대용량을 고속으로 안전하게 이동시킬 수 있는 첨단 교통시스템과 교통수단의 보급 예상

#### 다. 기후 및 환경변화

- 지구온난화 및 기후변화, 개발도상국의 산업화에 따른 화석연료 사용 증가와 급속한 도시화 등으로 환경오염 더욱 심화 전망
- ‘교토의정서’에 따라 온실가스 감축 이행 의무대상국들은 2020년 이후부터는 모든 온실가스 배출국들이 참여하는 새로운 기후체제 출범을 세계적으로 합의
- 인구의 지속적인 증가에 따라 2035년에는 세계 에너지 수요가 약 30%로 이상 증가할

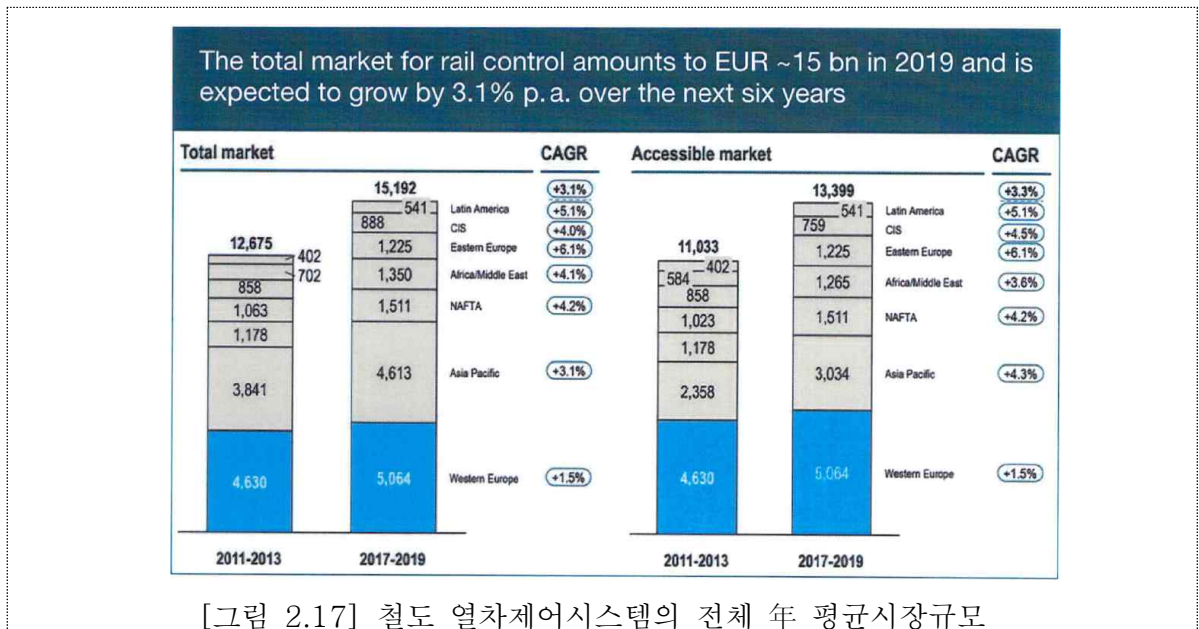
## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

것으로 예상하며 고효율·저비용 에너지 체계를 갖춘 교통수단 개발 예상

- 철도는 대량수송, 에너지효율, 친환경성 측면에서 타 교통수단에 비교하여 친환경 녹색 교통수단으로 전 세계적으로 지속적인 수요 증가
- 우리나라는 ‘저탄소 녹색성장 기본법’을 제정(2010)하면서 전 분야에 걸쳐 기후변화에 대한 대응의 노력을 하고 있으며, 적극적으로 대비하기 위한 영향성의 연구 및 포괄적 적응 기술을 개발 중
- 친환경·고효율 교통수단의 선호에 따라 철도산업의 세계 시장규모는 2023년에 약 610조 원으로 더욱 확대

## 2. 국내·외 열차제어시스템 시장현황

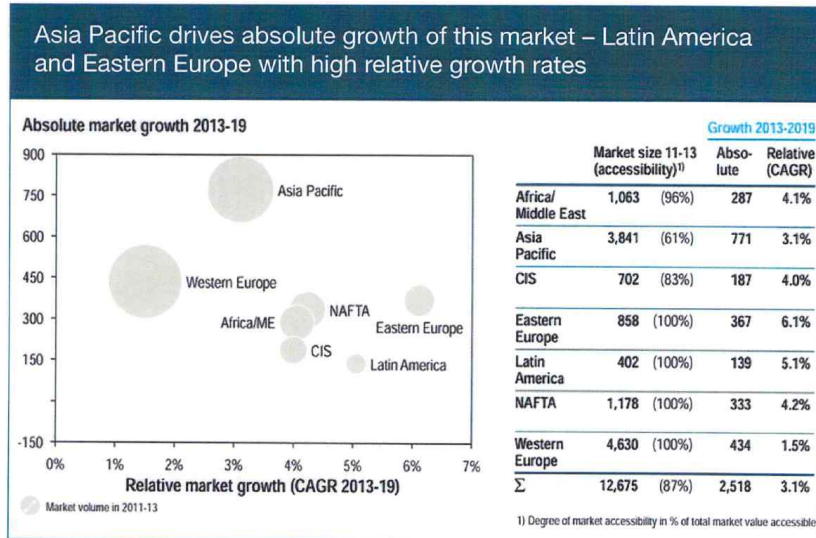
- 궤도회로를 사용하는 열차제어시스템과 무선통신망을 고속선, 일반선, 광역철도 신선 및 개량선에 적용할 경우 10년간 7조 2,900억 원 시장 예상(철도신호통신시스템 R&D 추진현황, 철도국, 2016.6)
- 세계 철도 열차제어시스템 시장은 앞으로 3.1%의 年 평균 성장률(CAGR<sup>1)</sup>)이라는 상당한 성장을 지속할 것으로 예측됨. 철도 열차제어시스템 시장의 규모는 2011년~2013년 기간에 127억 유로(약 16.3조원)로 평가되고 2017년~2019년 사이에는 150억 유로(약 19.3조원)를 초과하는 규모를 이룰 것으로 예상됨. 접근 가능한 시장은 전체 시장 중 88%에 해당하는 약 134억 유로(약17.2조원)의 규모를 달성할 것으로 예측됨(※ 출처 :World Rail Market forecast 2014 to 2019, Unife).



- 특히 아시아 태평양 지역은 2017년에서 2019년까지 7억 7천만 유로(약 1조원)로 연간시장 규모가 가장 높은 시장의 성장이 이루어지는 지역이 될 것으로 예측됨. 2011년~2013년 사이에 38억 유로(약 4.9조원)의 시장규모, 이것은 3.1%의 年 평균 성장률에 해당하므로 상대적으로 시장규모와 같은 속도로 성장함.
- 6.1%의 年 평균 성장률이라는 상대적으로 가장 높은 성장률을 가지는 동유럽은 연간 3.7억 유로(약 4.7천억원)까지 시장규모가 성장할 것으로 예측됨. 세계에서 가장 큰 철도 열차제어시스템 시장인 서유럽은 1.5%의 年 평균 성장률을 가질 것으로 예측됨. 그러나 그것의 시장규모는 4.34억 유로(약 5.6천억원)의 절대연간시장규모 증가에 대응함.

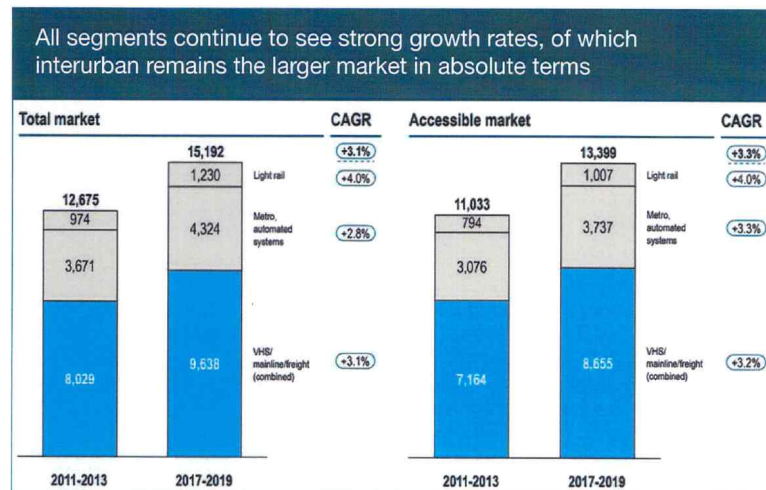
1) Compound Annual Growth Rate: 연평균 성장률

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석



[그림 2.18] 지역별 열차제어 시장의 현재 규모와 성장

- 적용분야 즉, 경량전철, 도시철도, 일반고속철도의 관점에서 열차제어시스템 시장의 성장률은 모두 유사한 성장속도를 가질 것으로 예측됨. 여기서 주목할 만한 것은 도시철도에서 열차제어 제품에 대한 수요가 급격히 증가할 것으로 예측됨. 2009년~2011년을 통해 2011년~2013년 기간에 시장의 규모에서 높은 증가는 이미 달성하였고 보다 더 높은 2.8%의 年 평균 성장률을 지속할 것으로 예측됨.

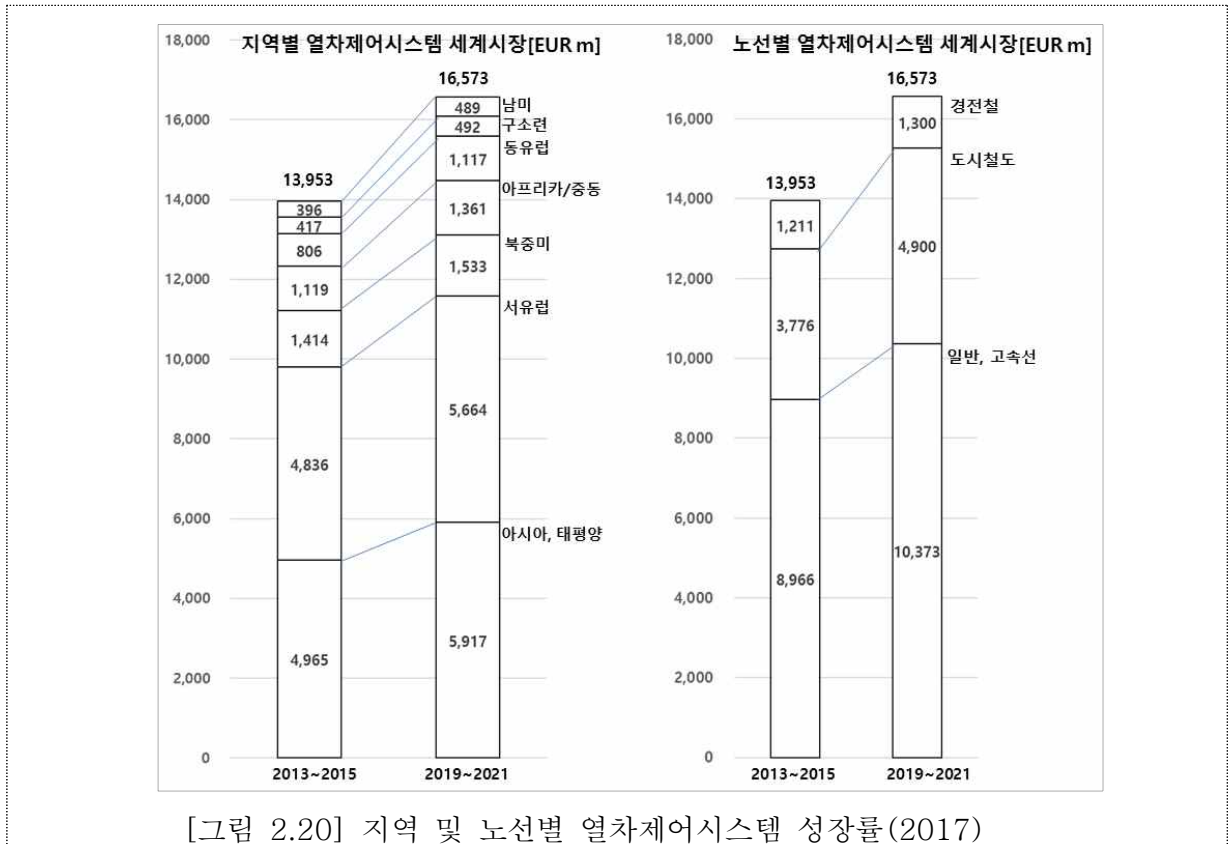


[그림 2.19] 분야별 연간 열차제어 시장 발전

- 미래 시장규모의 2/3에 해당하는 대부분은 도시 간 수송분야를 위한 제어시스템 제품이 줄기가 될 것으로 예측됨. 그중 연동장치 및 ATP는 수요의 대부분을 차지할 것으로 예측됨.
- 여기서 ERTMS 표준에 의해 특히 ATP 기술은 핵심적인 역할을 할 것으로 예측됨.

ERTMS ATP 제품에 대한 시장은 2017년~2019년 사이 연간 약 17억 유로(약 2.1조원)에 달할 것으로 예측됨.

- 마찬가지로 CBTC는 도시교통에서의 열차제어 및 보호를 위한 중요한 기술이 되고 있음. CBTC 시스템에 의해 열차의 정확한 위치는 기존 열차제어시스템보다 정확하다고 알려져 있으며 이는 철도 교통관리를 위한 더욱 효과적이고 안전한 방법을 가져옴. 유럽은 CBTC 공급에 있어서 선도적인 공급업체이며 전 세계적으로 도시철도 CBTC 시장은 앞으로도 확대될 것으로 예측됨.



## 가. 신규 개발 및 업그레이드 시장

- 철도 신호통신(Control command and signalling) 분야 전 세계 신규 개발 및 업그레이드 (New development and upgrade market) 시장은 2015년 약 81.70억 유로(약 10.661조 원)이며, 2020년까지 年 평균 2.93% 증가할 것으로 예측됨(※ 출처 : Worldwide Market for Railway Industries, 2017, 독일 SCI).
- 신규 및 업그레이드 시장에서의 업체별 점유율은 Siemens/Invensys, Ansaldo STS, Thales, Alstom 및 Bombardier 등 선진제작사들의 점유율이 높게 나타나고 있으나, 자국 노선에 열차제어시스템을 적용하면서 중국의 CRSC 점유율이 2위로 높아졌음.

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

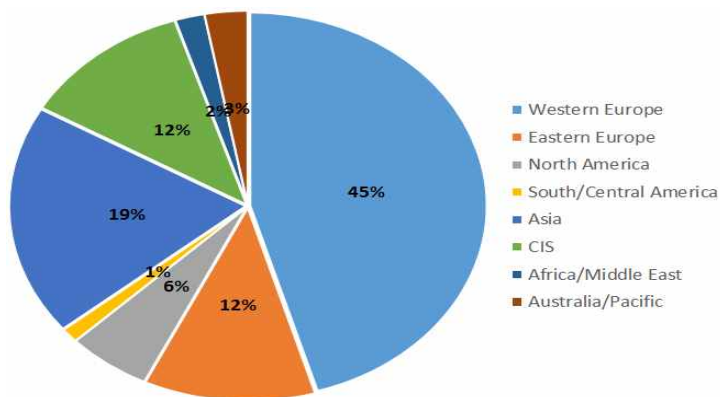
### 나. 개량 및 유지보수 시장

- 철도 신호통신(Control command and signalling) 분야 전 세계 개량 및 유지보수 (Renewal and Maintenance) 시장의 경우 2015년 약 83.7억 유로(약 10.923조 원)이며, 2020년까지 年 평균 3.0% 증가할 것으로 예측됨(※ 출처 : Worldwide Market for Railway Industries, 2017, 독일 SCI)

[표 2.5] Control Command and signalling (Renewal and Maintenance Market 2015)

Region	연평균성장률 (%)	Market Volume (EUR million)	
		2015	2020
Western Europe	2.1	3,550	4,036.1
Eastern Europe	-1.1	930	1,047.1
North America	5.4	520	602.81
South/Central America	1.2	210	255.5
Asia	1.6	1,850	2,283.5
CIS	2.6	920	1,025.8
Africa/Middle east	9.6	160	188.2
Australia/Pacific	2	230	260.2
Total	2.93	8,370	9,699.2

- 세부적으로 보면, 서유럽의 경우 전 세계 개량 및 유지보수 시장의 45%를 차지하며 2018년까지 年 평균 2.7% 성장을 지속할 것으로 예측됨. 동유럽의 경우 현재는 12% 수준의 시장규모가 매년 2.5% 성장을 지속할 것으로 예측됨. 북미의 경우 2018년까지 매년 3.4% 정도 시장규모가 커질 것으로 예측되며, 중남미의 경우 매년 4.3%의 성장으로 높은 성장이 예측됨. 아시아의 경우 현재 시장규모는 약 19% 정도이지만 앞으로 3.9%에 달하는 높은 성장을 지속할 것으로 예측됨. 아프리카와 중앙아시아의 경우 현재 시장규모는 2% 수준이지만 향후 2018년까지 매년 5.0%의 가장 높은 성장이 예측됨.



[그림 2.21] 철도 신호통신 분야 전세계 시장 점유율(지역별), 유지보수/교체 시장 (2013)

## 3. 시장분석 결론

- 세계적으로 철도 열차제어시장의 규모는 3.1%의 年 평균 성장률이라는 상당한 성장을 지속적으로 유지할 것으로 예측됨. 열차제어시스템 시장을 신규개발 및 업그레이드 시장과 개량 및 유지보수로 구분할 때 두 가지 시장 모두 매년 각각 3.5%, 3.0% 성장이 예측되어 시장전망이 밝다고 볼 수 있음.
- 무선통신기반 열차제어시스템 즉, CBTC는 현재까지 가장 진화한 열차제어시스템으로써 쏘 세계적으로 빠르게 확산하고 있으며 특히 서유럽의 경우 CBTC의 도입은 2021년까지 연평균 20.2%씩 증가를 예측할 수 있음.
- 따라서 무선통신(무궤도회로) 방식의 차세대 열차제어시스템 현장시험을 통한 실용화를 수행할 경우 국외 진출에 대한 기대치를 높일 수 있음
- 다만 현재 국내기업은 세계 열차제어시스템 시장 점유율은 매우 낮은 수준이며 이는 대형 글로벌기업의 기술적 선도성과 확장성 때문으로 사료됨
- 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 무선통신(무궤도회로) 방식의 차세대 열차제어시스템을 실용화하여 국내의 열악한 철도산업 여건을 극복할 수 있도록 정부차원의 투자와 지원이 필요함

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

### 4. 국내 연구개발과제 동향

#### 가. 국내 연구개발 현황

##### (1) 국내 연구개발 개요

- 국내 철도신호는 G7고속철도기술개발사업, 도시철도표준사업, 경량전철시스템개발사업, 자기부상철도기술개발사업 등 국가연구개발사업을 수행하면서 관련 핵심기술과 시스템 엔지니어링기술을 확보하였음
  - 1995년 이후 국내에서 추진되었던 열차제어시스템 개발 또는 시스템 도입 타당성 연구와 관련하여 다수의 국가연구개발사업을 진행하였음
  - 국가연구개발사업의 목적은 차량시스템을 개발하는 것이었으며, 개발차량의 성능시험을 검증하는데 필요한 열차제어시스템의 차상장치를 개발하였기 때문에 일관성 없는 기술을 개발하였음
  - 국가연구개발사업을 통해서 개발된 철도관제설비, 사령설비, 전자연동장치 등은 영업노선에 적용되고 있으나, ATP 등 핵심기술은 해외철도신호기업의 제품을 도입하거나 기술협력을 하고 있는 상황이었음
- 「도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계구축 및 성능평가」, 「일반·고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화」를 통해서 계획화된 열차제어시스템 개발이 진행되고 있음
  - 「도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계구축 및 성능평가」과제를 통해서 ATP 등 열차제어기술, 무인운전기술, 무선통신망(LTE-R)기술 등 핵심기술을 개발하였고, 상용화 성과를 도출하였음
  - 「일반·고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화」과제를 완료하여 전라선 시범노선에 KTCS-2 열차제어시스템을 구축 중이며 2020년 12월까지 시험운행을 진행 중이며, 이를 통해서 고속철도에 적용할 수 있는 ETCS L2급의 열차제어기술과 무선통신망(LTE-R)기술을 확보할 것을 예상됨
- 「무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템 개발」과제(2018년 4월~2020년 12월)가 진행 중이며 과제를 통해 다음과 같은 기술이 확보될 것으로 예상됨
  - 시스템 통합 및 대체기술 개발(1세부)
    - 고속철도 운행환경(350km/h 속도 대역)에서 궤도회로를 사용하지 않고 무선통신(LTE-R)만을 활용하여 열차제어가 가능한 차상 ATP/ATO 및 지상 ATP 개발
    - : 기 개발된 KTCS-M·KTCS-2 및 현재 철도노선에 구축된 KTCS-1(ATP : ETCS L1)과와의 상호운영성 확보

- : 현재 운용 중인 고속철도 열차제어시스템(ATC)과 인터페이스 확보
- : 궤도회로 기능 대체장치 개발

－ 이동폐색 ATP/ATO기술 및 장치개발(2세부)

- 이동폐색 ATP/ATO 기술 및 장치개발
  - : 차상ATP/ATO·지상ATP 사양개발 및 차상/지상장치 통합
  - : 요구사항 도출 및 검증 관리
  - : 이동폐색용 지상ATP 개발
  - : 자동운전(GOA2)을 지원하는 차상 ATP/ATO 개발

－ 종합성능시험계획 및 운영제어기술 개발(3세부)

- 자동운전을 지원하는 ETCS L3급 고속철도용 열차제어시스템 핵심기술(차상 ATP/ATO) 및 지상 ATP의 실증시험을 위한 종합성능시험계획 수립 및 관계설비 운영제어기술 개발
  - : 열차 후부 분리 검지를 위해 열차무결성검지기술 개발
  - : 궤도회로를 사용하지 않는 열차운행관제기술 개발
  - : ETCS L3급 열차제어시스템 종합성능시험 인프라(지상 및 차상장치) 설계

[표 2.7] 국토해양부의 국가연구개발사업 및 시범사업 현황

사업(과제)명	수행내용	
	기간 및 주관기관	내 용
<b>도시철도차량 표준화·국산화</b>	-기간 : 1995.8 ~ 2001.12 -주관 : ROTEM	-개발내용 •시험선 운영을 위한 신호시스템(ATC) 차상장치, 자동열차운전장치(ATO) 개발 •열차내 전장품을 제어하는 종합제어장치(TCMS) 개발
<b>도시철도표준화 연구개발사업 (도시철도 신호시스템 표준화 연구)</b>	-기간 : 2001.1 ~ 2006.12 -주관 : ROTEM	-개발내용 •표준규격을 확인하기 위한 열차제어시스템 차상장치 개발 •MBS사업의 신호시스템 I/F점검 -개발결과 •도시철도 시설물 표준규격, 성능시험 기준 및 안전기준 고시
<b>경량전철시스템 기술개발사업</b>	-기간 : 1999.1 ~ 2005.12 -주관 : 철도연 + 포스콘	-개발내용 •무인자동운전이 가능한 열차제어시스

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

사업(과제)명	수행내용	
	기간 및 주관기관	내용
(경량전철 신호제어시스템 기술개발)		탭기술개발 -무선LAN 통신방식을 적용하여 열차 위치추적, 열차속도제어 및 열차진로제어 수행(미국의 특허기술 적용한 특정 기술) -경북경산에 전용시험선 구축 및 시험 열차제작
고속철도 자동열차제어장치 기술개발	-기간 : 1999.10 ~ 2001.9 -주관 : LS산전	-개발 내용 • 고속철도용 자동열차제어장치(AF케도회로, 차상장치) 개발 -개발결과 • G7고속차량에 차상장치 설치 및 현장(오송기지) 시험완료
고속철도 열차제어시스템 안정화 기술개발	-기간 : 2002.12 ~ 2007.10 -주관 : LS산전	-개발내용 • 열차제어시스템안정화 및 RAMS검증
지능형 열차제어시스템(MBS) 시범구축(철도청)	-기간 : 2002.12 ~ 2007.10 -주관 : 삼성SDS	-사업내용 • 새로운 신호시스템의 광역철도망 도입 타당성 검증을 위해서 Thales사의 CBTC시스템 도입하여 분당선에 설치
차세대 고속철도 기술개발사업(통합차상신호시스템개발)	-기간 : 2007.7 ~ 2013.7 -주관 : LS산전	-개발내용 • 경부고속철도의 지상신호를 수신하여 처리하는 상호운영성을 갖는 차상신호장치 개발(ATS/ATC/ATP통합) • 최고시속 400[km/h]의 열차주행속도 제어 • 운전자 정보표시장치 개발
도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계구축 및 성능평가	-기간 : 2010.12 ~ 2014.7 -주관 : 철도연	-개발내용 • 무인자동운전 및 상호운영성을 지원하는 열차제어시스템기술개발 • 무선LAN 및 LTE를 적용하여 열차 위치추적, 열차간격제어 및 열차진로제어 수행 • 대불선에 시험선 구축 및 시험열차운행(2편성) -개발결과 • 한국철도표준규격(KRS) 제정

사업(과제)명	수행내용	
	기간 및 주관기관	내 용
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 필리핀 마닐라3호선 공급계약</li> <li>• 부산교통공사 1호선 무선통신망 교체</li> </ul>
일반·고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화	-기간 : 2014.12 ~ 2017.12 -주관 : 한국철도시설공단	-개발내용 •ETCS L1, L2와 상호운영이 되는 열차제어시스템 및 LTE-R 개발 •호남고속선 및 원주-강릉에서 시험평가
도시형 자기부상열차 개발사업 (과학기술부)	-기간 : 1994.5 ~ 1999.8 -주관 : 한국기계연구원	-개발내용 •한국기계연구원에 시험선 구축 •2량 1편성 시제차량 개발 •일본 HSST의 패턴벨트방식을 적용하여 열차속도 및 위치를 추적하는 기술개발
중기저점기술개발 사업 (자기부상열차실용화를 위한 차량모델개발) (산업자원부)	-기간 : 2003.10 ~ 2006.9 -주관 : ROTEM	-개발내용 •무인운전을 지원하는 자기부상열차 신호시스템 개발 •차상과 지상간 정보전송을 위해서 무선LAN 개발 -개발결과 •대전 국립과학관 자기부상철도에 적용하였으나, 운행이 중단되었음

○ 경부고속철도건설과 함께 ETCS L1의 구축사업을 진행하였으며, 이를 통해서 다음과 같은 효과를 얻을 수 있었으나, 구축비용절감, 선로용량 향상, 비용절감 등의 효과는 미미함

－ 고속철도의 기존선 운행에 따른 안전확보 및 열차속도 향상

- 기존 신호설비 ATS의 열차속도한계는 160[km/h]이하로 기존선에서 고속철도의 운행속도를 제한하고 있음
- 고속선은 차상신호방식이고, 기존선은 지상신호방식으로 고속철도 기관사의 취급요류에 따른 철도사고 발생 가능

－ 노후 신호설비 ATS의 개량시기 도래

- 기존선 신호설비인 ATS의 설치시기가 1969~1985년으로 지상장치와 차상장치의 내구연한이 도래함

－ 병목구간 해결

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

- 주요 간선구간에서의 병목현상이 존재하고 있으며, 이로 인한 물류비용 손실이 발생하고 있음
- 열차의 양방향 운전을 지원하여 선로공사 또는 사고발생 시에 우회진로를 확보하여 열차운행을 지속할 수 있음

### (2) 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가

#### ○ 연구개발 핵심 내용

##### － 표준체계 구축

##### <열차제어시스템>

- 무인운전을 지원하는 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템규격서, 프로토콜규격서 작성
  - : 국내 도시철도운영기관 및 시스템공급사의 열차제어시스템 개발 요구사항 조사 및 반영
  - : 대불선에서 규격서 검증을 위한 열차제어시스템 설계, 제작 및 구축
- 기존 상용품인 ATS장치와 EI를 시험선에 적합하게 개량
- 지상ATP, 차상ATP/ATO의 H/W 및 열차제어 프로그램 국산화
- 대불시험선에서 성능을 검증한 「도시철도시설 표준규격」 개정(안)을 KRS(한국철도표준규격)로 제정(2015.12)

##### <철도전용 무선통신망>

- LTE-R의 국내 상용화를 위한 요구사항 도출 및 표준(안) 작성
  - : 국제철도연합(UIC)이 제정한 국제규격인 GSM-R 표준규격을 기준으로 LTE 기반의 철도통신에 필요한 기능 및 사용자 요구사항 정립
- LTE-R 지상장치 및 단말장치 설계, 제작 및 구축
  - : 철도서비스 우선순위 및 QoS 관리방안 수립
  - : 기지국, 응용서버, 지령장치, 차상 단말, 휴대 단말 설계·제작 및 구축
- 대불선 및 호남선에서 표준안 검증 및 TTA 표준문서 제정
  - : 표준문서에서 제시한 기능 및 성능 요구사항의 실효성 확인

##### － 성능검증

##### <열차제어시스템>

- 열차제어시스템의 목표성능 범위는 다음과 같음

WATP가 제어할 수 있는 열차 최대 편성수	10 ~ 40 [편성]*)
ATP용 열차위치 측정의 정확도(역간 주행시)	± 5 ~ 10 [m]
ATO용 열차위치 측정의 정확도(정위치정차용)	± 0.35 [m] 이하
ATP용 열차속도측정의 정확도	± 3.0 [km/h] 이하
차상에서 지상으로 전송할 때 메시지 지연시간	0.5 [s] 미만
지상에서 차상으로 전송할 때 메시지 지연시간	0.5 [s] 미만
열차 톨백 검지기준	2 [m] 미만
영속도 검지기준	3 [km/h] 미만 (2초 동안)

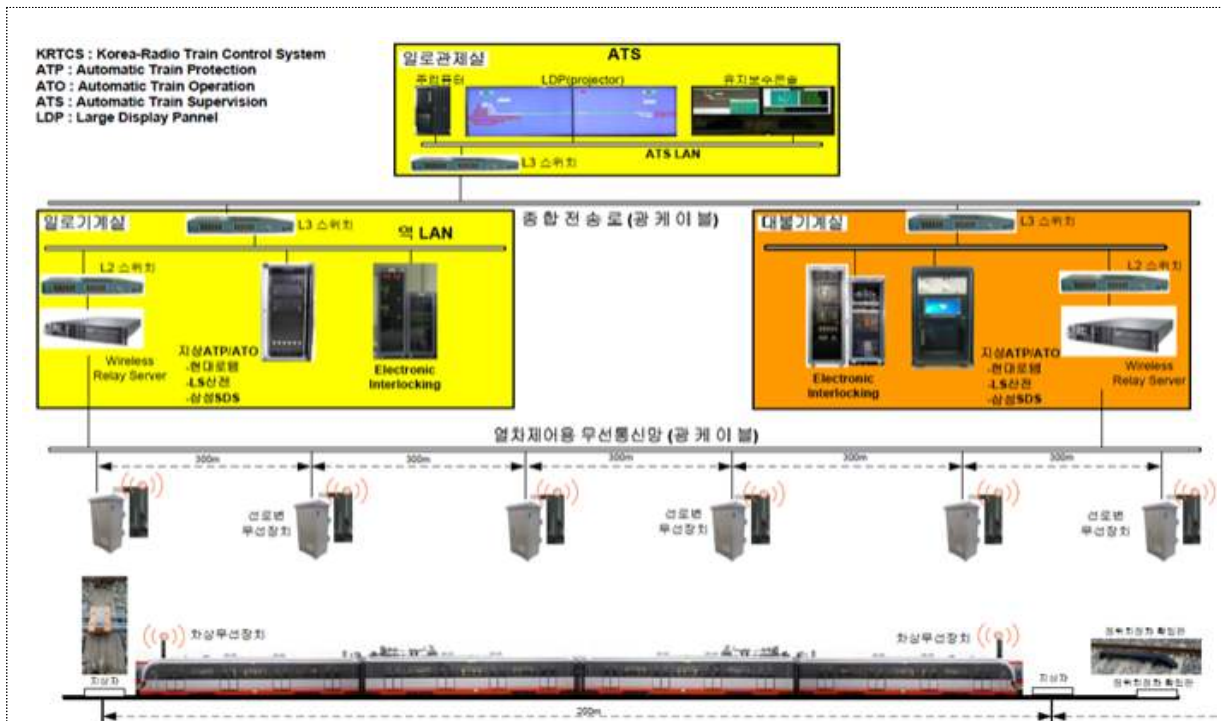
\*) 발주자가 열차운행계획에 맞추어 적절한 WATP를 선택할 수 있도록 지원하기 위하여 운행편성수가 적은 노선의 WATP 열차제어용량은 10편성을 초과하여야 하며, 운행편성수가 많은 노선의 WATP 열차제어용량은 40편성까지 지원하여야 함

- 대불선에서 열차운행(운행최고속도 94km/h)을 통하여 성능시험을 수행할 수 있는 인프라 구축
  - : 대불시험선 11.25km(터널 2.2km 1개소, 교량 3.3km 1개소), 역사 5개소(1개소에 플랫폼 스크린도어 설치), 시험열차 2편성(경의선 전동차, 차세대도시철도차량), 자동회차지역 1개소
- 철도연 철도안전인증센터를 통한 열차제어시스템 종합성능시험 및 상호운영성 평가 및 도시철도무인운전운영기관(네오트랜스)의 이례사항 점검
- 국제기준 IEC62278 적용 및 유럽의 ISA기관을 통한 ATP/ATO장치에 대한 안전성활동 수행(SIL4인증 획득)

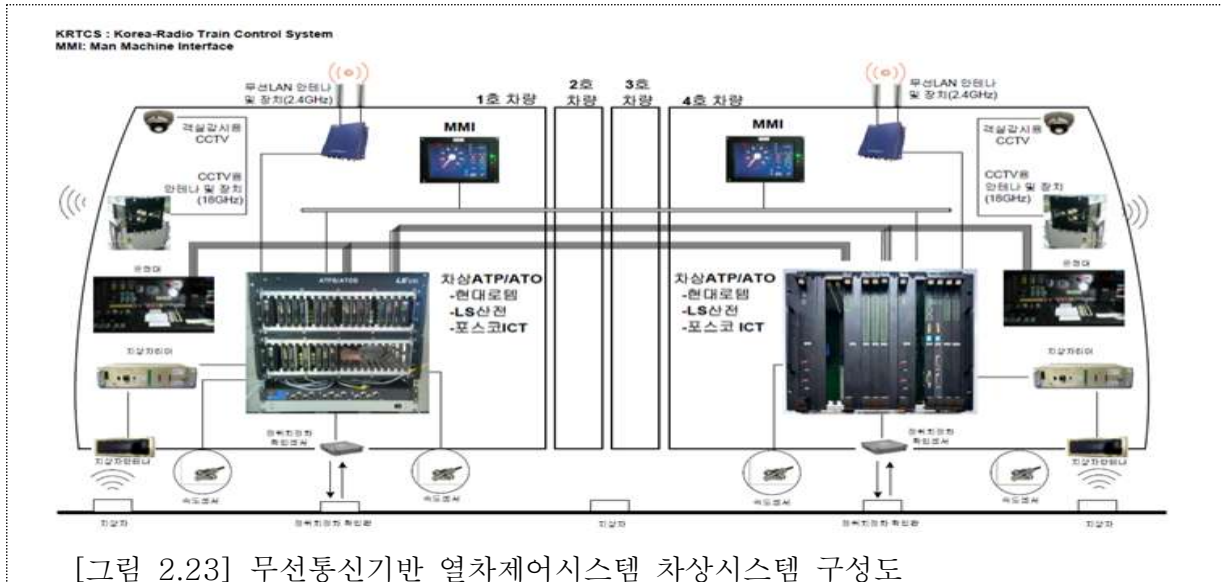
### <철도전용 무선통신망>

- 대불선 및 호남선에서의 열차운행을 통하여 기능 및 성능 검증 인프라 구축
  - : 대불시험 선 11.25km(일로역 ~ 대불역 구간), 시험열차 1편성(경의선 전동차), 운행최고속도 94km/h, 2.6GHz 대역 무선국 10개 설치
  - : 호남시험선 54.2km(광주송정역 ~ 일로역), 시험열차 1편성(경의선 전동차), 운행최고속도 160km/h, 700MHz 대역 무선국 51개 설치
- GSM-R 시험열차 및 기준을 참고로 LTE 기반의 철도통신 시험열차서 작성

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석



[그림 2.22] 무선통신기반 열차제어시스템 지상시스템 구성도



[그림 2.23] 무선통신기반 열차제어시스템 차상시스템 구성도

- 철도연 철도안전인증센터 주관으로 LTE 기반 철도통신 기능 및 성능 검증 수행  
 : 차상 및 휴대단말에 대한 기능 및 성능 요구사항 만족 여부 점검

### －연구개발 성과

- 국내·외 규격을 적용하여 시스템 설계, 제작, 설치, 성능시험, 안전성활동 등 일련의 모든 업무를 국내 기업이 수행하여 시스템 국산화 및 기술자립을 하였음

### <열차제어시스템>

- 무인운전을 지원하는 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템규격서, 프로토콜규

격서 및 표준규격서(안) 작성

: IEEE1474.1에 포함되지 않은 무인운전을 규격서에 추가

: 열차제어시스템 지상설비와 차상설비간 상호운영성을 지원하기 위한 KRS(철도표준규격) 제정완료(2015년 12월 제정)

- 열차제어시스템 설계·제작역량 확보

: ATS장치와 EI는 운영기관의 요구사항에 맞게 공급할 수 있으며, 지상ATP장치, 차상ATP/ATO장치의 H/W, S/W의 설계·제작 능력 확보

: 통신방식(무선LAN, LTE-R)에 종속되지 않는 시스템 구현

- 열차제어시스템 성능시험절차서, 상호운영성 시험절차서 작성, 성적서 발급

: 종합성능시험 : 총 49개 항목에 대하여 ‘만족’

: 상호운영성시험 : 총 18개 항목에 대하여 ‘만족’

: 도시철도무인운전운영기관(네오펀스)에서 열차제어시스템의 이례사항을 점검하고 결과보고서 제출(14개 항목을 제안하고 점검결과는 적합판정)

- ATP/ATO장치의 GA(Generic Application)활동에 대한 SIL4인증서를 획득하였으며, 이를 통하여 안전성활동인력 확보

- 특히

: 무선통신기반 열차제어시스템의 열차무결성 확보시스템 및 그 방법

: 열차위치보조검지장치를 활용한 열차제어시스템 및 열차의 방호방법

: 영상을 이용한 철도차량 위치검지시스템

<철도전용 무선통신망>

- 철도전용 무선통신망의 국내 실용화를 위한 LTE-R 요구사항 표준문서 제정(TTA)

- 그룹 및 영상, 긴급통화, 단문 메시지 전송, 열차제어데이터 전송 등 철도서비스에 특화된 LTE-R 장치 설계·제작 역량 확보

: 철도서비스를 위한 우선순위 관리 S/W, Call 서버, PTT 서버 및 지령 장치

: 700MHz 및 2.6GHz 대역의 기지국, 차상 단말 및 휴대 단말

- LTE-R 성능검증 및 철도안전인증센터 성적서 발급

: 단말장치별로 우선순위, 대역폭 제어 등 다양한 QoS 정책 적용, 2.6GHz 대역에서의 총 185개 및 700MHz 대역에서의 총 78개 기능/성능 시험 항목에 대하여 ‘만족’ 판정

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

- 특허

- : 무선통신 열차 제어시스템에서의 열차의 이동패턴에 최적화된 핸드오버 방법

- : 무선통신 철도환경에 적용되는 기지국 장치의 배치구조

### (3) 일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화

#### ○ 연구개발 핵심 내용

##### － 열차제어시스템의 기술규격

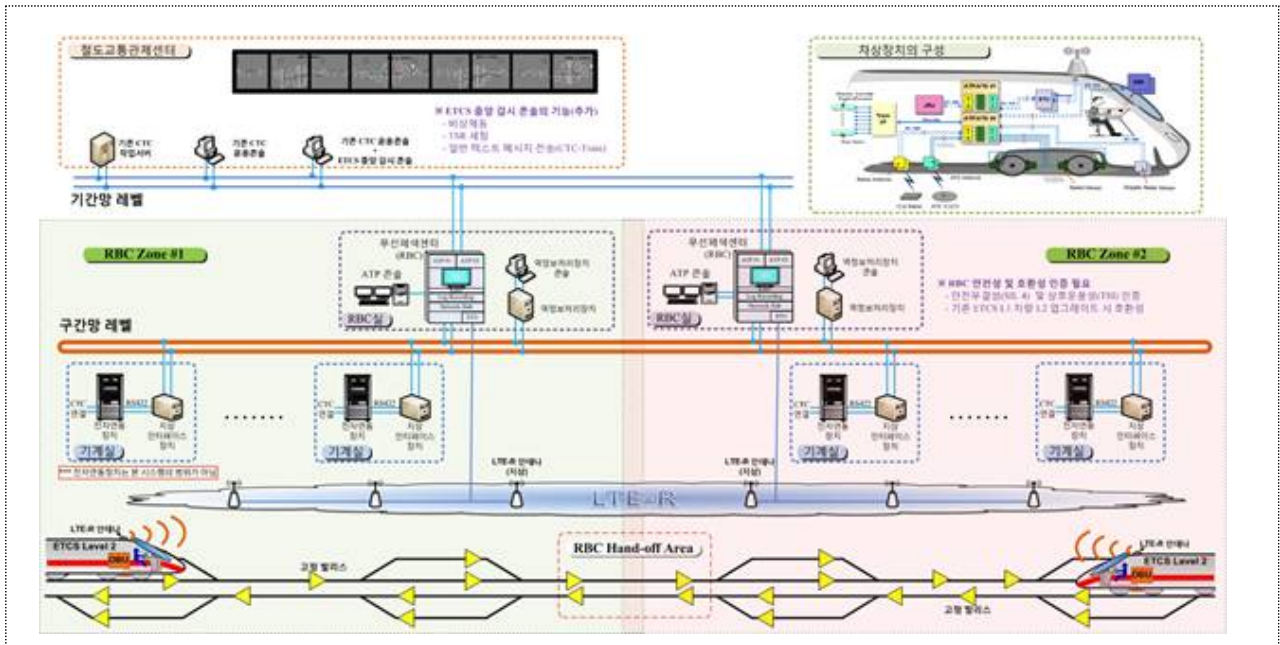
- 국내 운영중인 시스템(ATS, ATP)와 상호운영 및 연계운행 가능
- LTE-R로 열차제어정보 송수신 (열차 위치보고, 이동권한, 임시속도제한 등)
- 열차제어시스템 지상장치와 차상장치 간 및 기존 운영 중인 설비와 KTCS-2 장치 간의 인터페이스 규격을 표준화하여 상호운영성(TIS) 확보

##### － 철도통합무선망(LTE-R)의 기술규격

- 사용자 요구사항 및 성능 요구사항을 정의
  - : 운행 목표속도 350km/h
  - : 기존 철도통신망(VHF, TRS) 및 재난안전통신망(PS-LTE)과 연동
- 음성은 물론 영상 등 대용량 데이터의 신속·정확한 송수신 (열차제어 포함)

장치명	주요기능
지상 ATP장치 (RBC: Radio Block Center)	• 지상의 연동장치로부터 열차 점유정보 및 진로정보 등을 전송 받아 열차의 이동권한 및 제한속도를 연산하는 장치
차상 ATP장치 (KVC: Korean Vital Computer)	• 지상의 무선폐색센터로부터 열차의 이동권한 및 제한속도를 수신 받아 열차를 안전하게 제어하고 방호하는 장치
운전자표시장치(DMI)	• 차상ATP와 연계되어 기관사에게 열차운행 정보를 표시하는 장치
속도거리연산장치(SDU)	• 차량에 설치되는 타코미터 및 도플러센서의 정보를 수신받아 열차의 이동 속도 및 이동거리를 연산하는 장치
주행기록장치(JRU)	• 열차 운행정보 기록하는 장치 (일종의 블랙박스 기능)
발리스 정보변환장치(BTM)	• 발리스 안테나로부터 전송받은 지상 정보를 변환하여 차상 ATP장치로 전송
발리스 안테나	• 지상 발리스와 열차운행에 필요한 데이터 송·수신하는 장치 (BTM과 한 세트)

안전전송모듈(STU)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 지상장치와 차상장치간 무선으로 송·수신되는 정보의 신뢰성 및 보안도 확보를 위한 장치</li> <li>· (LTE-R로 전송되는 신호정보를 암호·복호화)</li> </ul>
타코미터, 도플러센서	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 차량운행속도, 거리를 계산하는 장치</li> </ul>



○ 인프라 구축내역

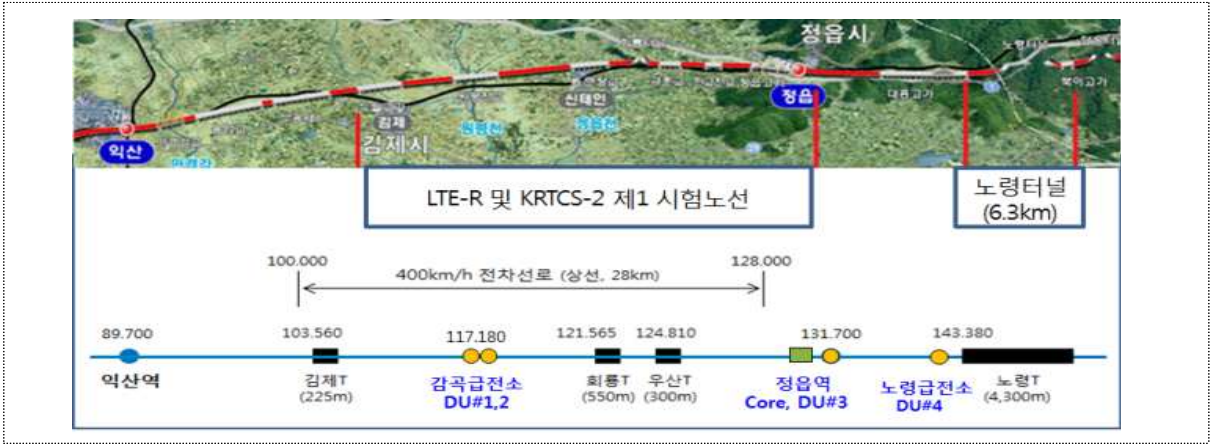
- 설치대상 : 철도통합무선망(LTE-R) 센터설비 및 현장설비
- 설치장소 : 호남고속철도 익산~정읍, 노령터널
- 설치내역

구분	설치대상	구성	장소
센터설비	EPC	Core 장비 1식	정읍시험센터
현장설비	DU	DU 1식	정읍시험센터
		DU 3식	시험선
	RRU	RRU 40기	시험선

○ 각 세부과제별 시험계획 및 결과

- 열차제어시스템(KTCS-2)

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석



시험항목	시험기준	시험결과
통합시험	유럽 신호시스템(ETCS)의 기술규격(공개규격) - 기능요구사항(FRS)/ 성능요구사항(SRS)	합격
현차시험	유럽 신호시스템(ETCS)의 기술규격(공개규격) - 기능요구사항(FRS) / 성능요구사항(SRS)	성능 및 기능 확인

※ 통합시험 : 유럽 'Multitel 社(벨기에)' 검증장비를 활용하여 시행

※ 호남고속선 시나리오 : 호남고속 환경 (최고속도 350km/h, 차량 기밀, 절연구간 등)

※ 원주~강릉 시나리오 : 원주~강릉 노선 환경 (다종의 차량 속도, 진로제어 등)

- 철도통합무선망(LTE-R)

시험항목	시험기준	시험결과
지상인프라	철도무선통신망 TTA 표준	합격 (3차 검증 예정)
단말기 (차상/휴대)	철도무선통신망 TTA 표준	합격 (3차 검증 예정)

### (4) 자동운전을 지원하는 ETCS L3급 고속철도용 열차제어시스템 핵심기술 및 궤도회로 기능 대체기술 개발

#### ① 과제 목표

##### ○ 시스템 통합 및 대체기술 개발(1세부)

- 고속철도 운행환경(350km/h 속도 대역)에서 궤도회로를 사용하지 않고 무선통신(LTE-R)만을 활용하여 열차제어가 가능한 차상 ATP/ATO 및 지상 ATP 개발

- 기 개발된 KTCS-M·KTCS-2 및 현재 철도노선에 구축된 KTCS-1(ATP : ETCS L1)와의 상호운영성 확보

- 현재 운용 중인 고속철도 열차제어시스템(ATC)과 인터페이스 확보
  - SIL4 인증 획득
  - 궤도회로 기능 대체장치 개발
- 이동폐색 ATP/ATO기술 및 장치개발(2세부)
- 이동폐색 ATP/ATO 기술 및 장치개발
    - 차상ATP/ATO-지상ATP 사양개발 및 차상/지상장치 통합
    - 요구사항 도출 및 검증 관리
    - 이동폐색용 지상ATP 개발
    - 자동운전(GOA2)을 지원하는 차상 ATP/ATO 개발
- 종합성능시험계획 및 운영제어기술 개발(3세부)
- 자동운전을 지원하는 ETCS L3급 고속철도용 열차제어시스템 핵심기술(차상 ATP/ATO) 및 지상 ATP의 실증시험을 위한 종합성능시험계획 수립 및 관제설비 운행제어기술 개발
    - 열차제어시스템 차상/지상 실증시험을 위한 종합성능시험 기본계획 수립
    - 열차 후부 분리 검지를 위해 열차무결성검지기술 개발
    - 궤도회로를 사용하지 않는 열차운행관제기술 개발
    - ETCS L3급 열차제어시스템 종합성능시험 인프라(지상 및 차상장치) 설계

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

### ② 추진 일정

○ 1차년도 [2018.04.27~2018.12.31]

구 분	연구 목표	연구 내용	추진일정(개월)												비고
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1세부	시스템통합 및 사양개발	개발요구사항 조사 및 분석	■	■	■	■	■	■	■	■					
		하부시스템 개발 요구사항 작성 및 검증	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	레일절손검지개발	요구사항 분석	■	■	■	■	■	■	■	■					
		기본설계	■	■	■	■	■	■	■	■					
	열차진로제어기술 개발	요구사항 분석 및 개념설계	■	■	■	■	■	■	■	■					
		연구결과 활용방안 도출	■	■	■	■	■	■	■	■					
	무선통신망 안정성 및 가용성 향상기술개발	ETCS L3 열차제어시스템 무선통신망 요구사항 연구	■	■	■	■	■	■	■	■					
		열차제어시스템 무선통신망 요구사항 정의서 작성							■	■	■				
		UIC 열차제어용 무선통신기술 동향 연구	■	■	■	■	■	■	■	■					
		열차제어 무선통신 기술 동향 분석서 작성									■	■			

구 분	연구 목표	연구 내용	추진일정(개월)												비고
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2세부	차상 ATP/ATO, 지상 ATP 개발요구사항 조사 및 분석	개발요구사항 조사분석	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
		상호운영요구사항분석	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
		차상ATP/ATO, 지상ATP 성능 및 기능요구사항 정의	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
	이동폐색용 지상ATP 개발	지상ATP 요구사항 분석 및 개념 설계	■	■	■	■	■	■	■	■					
	RAM 및 안전성 인증 활동	RAM 및 안전성 인증활동	■	■	■	■	■	■	■	■					
	차상 ATP/ATO 요구사항 분석	자동운전(GOA2)을 지원하는 차상 ATP/ATO 요구사항 분석	■	■	■	■	■	■	■	■					
	안전성 인증 활동 계획 수립 및 요구사항 분석	안전성 활동 계획 수립 및 요구사항 분석	■	■	■	■	■	■	■	■					
	차상ATP/ATO, 지상ATP 개발명세서 검증계획 작성	검증계획 수립을 위한 요구사항 검토	■	■	■	■	■	■	■	■					
개발사항 검증항목 수립 및 계획서 작성		■	■	■	■	■	■	■	■						

## KTCS-3 후속연구 기획보고서

구 분	연구 목표	연구 내용	추진일정(개월)												비고	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
3세부	ETCS L3 종합성능시험을 위한 기본계획 수립	열차제어시스템 개발요구사항 조사분석	■	■	■	■	■	■	■							
		열차제어시스템 간 인터페이스 조사분석					■	■	■	■	■					
	열차무결성 검지장치 개발	열차무결성 연구개발 동향 분석	■	■	■											
		열차무결성 검지장치 요구사항 정의	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
	ETCS L3를 위한 열차운행관제기술 개발	요구사항 조사 및 분석	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
		보고서 작성									■	■				
종합성능시험을 위한 ETCS L3급 인프라 설계	시험인프라 요구사항 조사 및 분석	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
	시험선로 선정(안) 수립 및 기본설계			■	■	■	■	■	■	■	■					

○ 2차년도 [2019.01.01.~2019.12.31]

구 분	연구 목표	연구 내용	추진일정(개월)												비고	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1세부	시스템통합 및 사양개발	열차제어시스템 개발 명세서 작성 및 검증	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		인터페이스 명세서 작성 및 검증	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	레일절손검지장치 개발	DAS시험 설치결과 분석 및 보완사항 도출	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
		레일절손검지장치 상세설계			■	■	■	■	■	■	■					
		외부 인터페이스 설계			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		레일절손검지장치 제작									■	■	■	■	■	■
	열차진로제어기술 개발	기능 및 성능 명세서 작성	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		진로제어용 연동장치 시뮬레이터 제작	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	무선통신망 안정성 및 가용성 향상기술개발	안전성/가용성 향상을 위한 LTE 무선접속제어 알고리즘 연구	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		안전성/가용성 향상을 위한 무선접속 제어 알고리즘 시험환경 구축 및 시험 시나리오 작성									■	■	■	■	■	■
		열차제어 주파수 자동 천이 알고리즘 연구	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		열차제어 주파수 자동천이 알고리즘 시험 환경구축 및 시험시나리오 작성									■	■	■	■	■	■

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

구분	연구 목표	연구 내용	추진일정(개월)												비고
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2세부	차상ATP/ATO, 지상ATP개발명세서 작성	장치구성도 작성	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		성능사양 작성	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		기능사양 작성	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	이동폐색용 지상ATP 개발	지상 ATP 기본 및 상세 설계서 지상ATO 설계	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		지상ATP/ATO 시제품제작					■	■	■	■	■	■	■	■	
	RAM 및 안전성 인증 활동	RAM 및 안전성 인증활동	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	차상 ATP/ATO 설계 및 기능 구현	자동운전(GOA2)을 지원하는 차상 ATP/ATO 시제품 제작 및 기능구현	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	차상 ATP/ATO 설계 및 구현 안전성 인증 활동	설계 및 구현 안전성 인증 활동	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
차상ATP/ATO, 지상ATP인터페이스 명세서 검증계획 작성	지상 및 차상 인터페이스 검증 요구사항 검토	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	인터페이스 검증항목 수립 및 계획서 작성	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		

구분	연구 목표	연구 내용	추진일정(개월)												비고
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
3세부	ETCS L3 종합성능시험을 위한 기본계획 수립	열차제어시스템 개발사양 조사 분석	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		하부시스템 성능 및 개발 목표 정의					■	■	■	■	■	■	■	■	
	열차무결성 검지장치 개발	열차무결성 검지장치 기능규격 정의	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		열차무결성 검지장치 성능규격 정의			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		열차무결성 검지장치 시제품 개 발					■	■	■	■	■	■	■	■	
	ETCS L3를 위한 열차운행관계기술 개발	열차운행관계 기술 개념 설계	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		실시간 제어관리장치 설계					■	■	■	■	■	■	■	■	
	종합성능시험을 위한 ETCS L3급 인프라 설계	시험인프라 인터페이스 및 종합 계측설비 기본 설계	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
시험열차 선정(안) 수립 및 개 조 기본 설계					■	■	■	■	■	■	■	■	■		

## KTCS-3 후속연구 기획보고서

○ 3차년도 [2020.01.01~2020.12.31]

연차	연구목표	연구내용	추진일정(개월)												비고
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1세부	시스템통합 및 사양개발	열차제어시스템 개발 명세서 작성 및 보완	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		기술기준 및 규격 제/개정 (안) 작성 및 보완	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	레일절손검지개발	단위 시험	■	■	■										
		시스템 연동 시험 및 보완				■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		신뢰성 검증							■	■	■	■	■	■	
	열차진로제어기술개발	시험 계획서 작성	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		진로제어용 연동장치 시뮬레이터 검증	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	무선통신망 안정성 및 가용성 향상기술개발	무선접속제어 알고리즘 연구	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		무선접속제어 알고리즘 성능 검증							■	■	■	■	■	■	
		열차제어 주파수 자동 천이 알고리즘 구현	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		열차제어 주파수 자동 천이 알고리즘 성능평가							■	■	■	■	■	■	

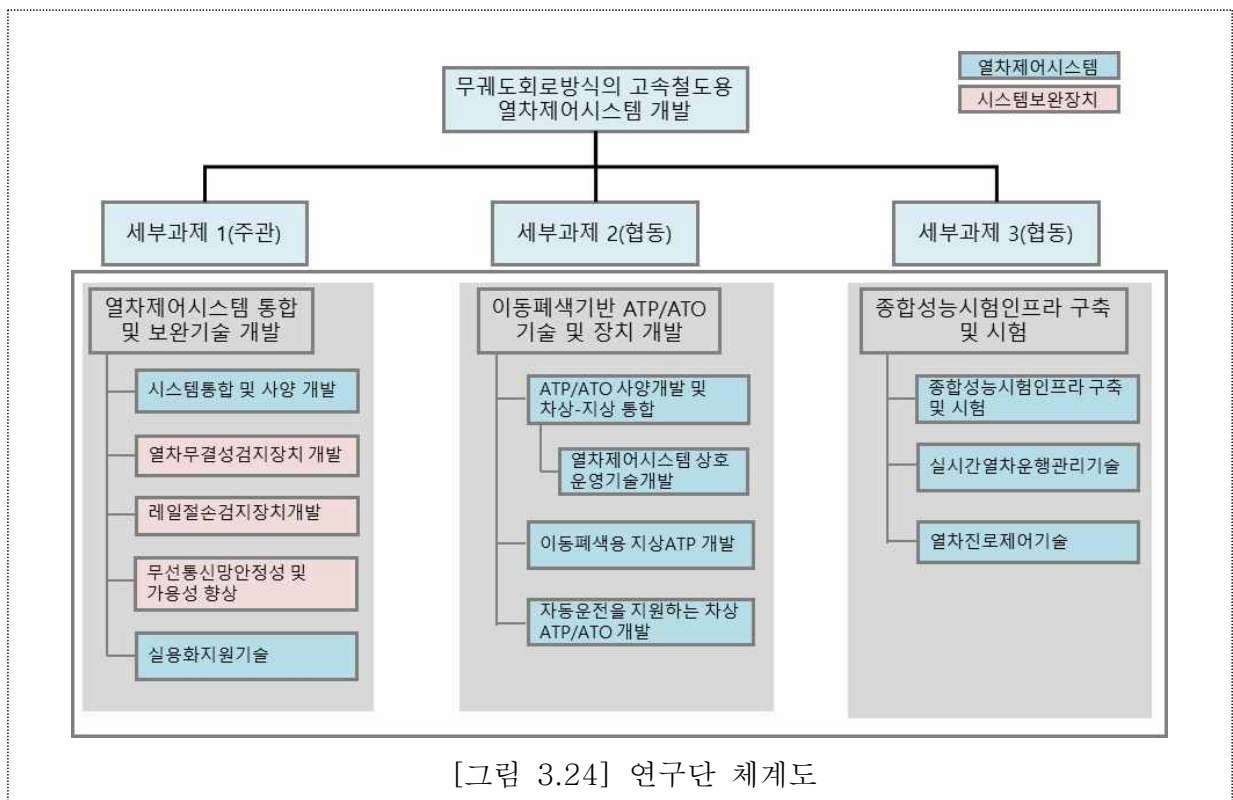
## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

연차	연구목표	연구내용	추진일정(개월)												비고		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
2세부	차상ATP/ATO, 지상ATP인터페이스 명세서 작성	차상장치 및 지상장치 간 인터페이스 명세서 작성															
		차상ATP/ATO와 열차 내 타 장치와의 인터페이스 명세서 작성															
		지상ATP와 지상의 타 장치와의 인터페이스 명세서 작성															
	현재 운용 중인 열차제어 시스템과의 인터페이스 확보	현재 운용 중인 열차제어 시스템과의 인터페이스(상호운용성) 점검															
	이동폐색용 지상ATP 개발	지상ATP/ATO 시험 환경구축															
		지상ATP/ATO 시작품제작															
		지상 ATP/ATO 단품 시험															
	RAM 및 안전성 인증 활동	지상ATPRAM 및 안전성 인증 활동															
	자동운전(GOA2)을 지원하는 차상 ATP/ATO 시험	차상 ATP/ATO 기능시험															
	차상 ATP/ATO 시스템 검증 및 안전성 인증	차상 ATP/ATO 시스템 검증															
차상ATP/ATO, 지상ATP 명세서 검증	개발명세서 검증																
	인터페이스 명세서 검증																

연차	연구목표	연구내용	추진일정(개월)												비고		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
3세부	ETCS L3 종합성능시험을 위한 기본계획 수립	단계별 성능검사 절차 수립															
		종합성능시험 기본계획 수립															
	열차무결성 검지장치 개발	열차무결성 검지장치 시제품 시험															
		열차무결성 검지장치 시제품 현장 시험															
		시험결과 보고서 및 최종 보고서 작성															
	ETCS L3를 위한 열차운행관제기술 개발	시험항목 및 결과판정기준 작성															
		시험절차 작성															
	종합성능시험을 위한 ETCS L3급 인프라 설계	시험인프라 인터페이스 및 종합계측설비 상세 설계															
		시험 열차 개조 설계(안) 수립															

## ③ 연구단 과제구성

- 기술개발 로드맵의 1단계에 해당하는 사항으로서 기술수요조사 및 우선순위 조사결과 총 10개의 연구과제를 대상으로 3개의 세부과제로 구성된 연구단 과제를 구성함
- 연구단은 본 사업을 년도 별 사업계획을 수립하고, 이에 맞추어 연구개발내용, 연구개발 일정, 연구개발 성과 등을 종합관리하고, 유관기관의 요구사항에 대응하고, 2단계 사업계획을 수립하고 추진전략을 마련함
- 세부과제 1은 본 사업을 종합관리하고, 시스템 개발에 필요한 통합기술을 개발하고 각 하부시스템의 규격서를 작성, কে도회로와 같은 동등한 수준의 열차무결성 기술개발, 시스템통합 등 기반기술을 개발함
- 세부과제 2는 세부과제 1에서 작성한 ATP/ATO에 대한 규격서를 바탕으로 해당 하부시스템의 규격서 작성, 제작 및 통합, 설치, 기능점검 및 시험지원 등을 수행함
- 추가적으로 열차제어시스템 상호운영을 위한 규격서 개발을 한시적으로 담당함
- 세부과제 3은 시스템의 기능과 성능을 점검하고 종합성능시험을 수행하기 위한 종합성능시험 인프라 구축 및 운영을 담당함



[그림 3.24] 연구단 체계도

- 세부과제 1은 열차제어시스템개발에 필요한 성능과 기능을 포함하는 시스템개발규격서를 작성하고, 이를 토대로 개발된 하부시스템을 통합하며, 시스템통합에 필요한 시스템

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

보완기술, 무선통신망 안정화 기술 및 실용화 지원기술 등을 수행함

－ 열차무결성 기술(Train Integrity)

- 궤도회로를 사용하지 않음에 따라, 열차 분리사고 시 열차의 후미 위치를 정확히 추적하는 것이 요구되고 있으며, 국내상황에 적합한 기술을 개발함

－ 레일절손검지 기술(Rail Integrity)

- 궤도회로를 사용하지 않음에 따라, 레일절손 위치를 검지할 수 있는 새로운 기술과, 유지관리에 적합한 기술을 개발함(파손된 레일의 위치를 빠르게 확인하고, 레일교체를 신속히 할 수 있음)

－ 철도무선통신망의 안정화, 가용성을 높이는 기술

- 철도의 정시성을 보다 높이기 위해서 KTCS 1단계 및 2단계에서 개발한 요소기술에 대한 신뢰성 또는 안정성을 높이는 기술이 계속 요구됨
- 유무선 네트워크에 대한 사이버보안기술

－ 실용화를 위한 법체계 지원

### ④ 연구과제 진행 현황

○ 시스템 통합 및 사양개발

－ 열차제어시스템 개발요구사항 조사 및 분석

- KTCS-M 및 KTCS-2, 현재 철도노선에 구축된 KTCS-1(ATP : ETCS L1)와의 상호운영을 위한 요구사항 포함
- 열차제어시스템 자동화수준, 성능 및 기능요구사항 정의
  - ※ 열차제어시스템 : 열차의 위치를 검지하고 이를 토대로 열차를 안전하고 효율적으로 이동하도록 제어하는 철도안전설비로 관제설비, 전자연동장치, 지상 및 차상제어장치 등으로 구성

- 열차제어시스템을 구성하는 하부시스템 개발 요구사항 작성 및 검증

- 하부시스템 개발(상세설계) 과정에서 발생된 보완사항 반영

※ 하부시스템 : 관제설비, 전자연동장치, 지상 및 차상제어장치

－ 열차제어시스템 개발명세서 작성

- KTCS-M, KTCS-2, KTCS-1(ATP : ETCS L1)와의 상호운영성 확보
- 열차제어시스템 개념 및 구성 정립
- 열차제어시스템 성능사양 작성

- 열차제어시스템 기능사양 작성 및 기능배치(기본설계)
- 열차제어시스템 하부시스템 상세설계에 따른 기능사양 및 기능배치 보완
- 열차제어시스템 인터페이스 명세서 작성 및 검증
  - 열차제어시스템 하부장치간 인터페이스 명세서 작성 및 검증
  - 열차제어시스템과 타 시스템 간 인터페이스 명세서 작성 및 검증
    - ※ 타 시스템 : LTE-R망, 끌림검지장치 및 HBD(Hot Box Detector) 등 안전장치
  - 현재 운용 중인 고속철도 열차제어시스템(ATC)과 인터페이스 확보
  - 열차제어시스템 하부시스템 및 타 시스템 상세설계에 따른 인터페이스 사양 보완
- 열차제어시스템 명세서 작성
  - 차상ATP/ATO·지상ATP 제작 및 단품시험, 안전성평가 결과에 따른 최종 명세서 작성
    - ※ 최종 명세서 : 개발명세서, 인터페이스 명세서, R&D과정에서 도출되는 각종 기술 자료 포함
- 실용화 지원기술
  - 관련 기술기준 및 규격 제/개정안
    - 제/개정이 필요한 기술기준 및 규격 조사
  - 열차제어시스템 표준규격(안) 및 기술기준(안) 작성 및 보완
- 열차진로제어기술 개발
  - 이동폐색을 지원하는 일반·고속철도 전자연동장치의 요구사항 분석 및 개념설계
    - 전자연동장치 구성
    - 성능명세서 및 기능명세서 작성
    - 전자연동장치와 관제설비 및 지상제어장치와의 인터페이스 명세서 작성
      - : 고정폐색 또는 가상폐색 방식의 연동로직 적용
      - : 열차진로설정시간 : 10초
      - : 선로전환기 동작완료시간 : 8초
  - 일반·고속철도 전자연동장치 설계
    - 연동장치의 이동폐색정보 처리를 위한 소프트웨어 모듈 설계
    - 연동장치와 관제설비 및 지상제어장치와의 인터페이스 설계
  - 일반·고속철도 전자연동장치 시험계획서 작성

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

- 시험항목, 시험방법, 시험절차, 결과판정 기준 등
- 레일절손검지장치(센서 포함) 개발
  - 요구사항 분석 및 개념설계
  - 기능 및 성능사항 정의
    - 레일파손 및 절손 위치 검지 : 100m 이내
    - 레일상태정보 전송 주기 : 1초
  - 기본 및 상세설계
    - 하드웨어 설계
    - 소프트웨어 설계(레일절손검지모듈, 인터페이스 모듈)
  - 레일절손검지장치와 지상ATP간 인터페이스 사양 작성
  - 시제품 제작
  - 실험실에서의 단품시험
    - 시험계획서 작성
    - 환경시험, 기능 및 성능시험 등
- 무선통신망 안정성 및 가용성 향상기술 개발
  - LTE-R 무선접속제어 알고리즘 기술 연구
  - LTE-R 무선접속제어 알고리즘 프로그램 구현 및 시험
  - 열차제어 주파수 자동 천이 알고리즘 기술 연구
  - 열차제어 주파수 자동 천이 알고리즘 프로그램 구현 및 시험
- 차상ATP/ATO·지상ATP 사양 개발 및 차상-지상장치 통합
  - 차상ATP/ATO·지상ATP 개발요구사항 조사 및 분석
    - 1세부과제의 ‘열차제어시스템 개발요구사항 및 개발명세서’와 연계
    - 성능 및 기능 요구사항 정의
    - 개발요구사항 검증
    - KTCS-M, KTCS-2, 현재 철도노선에 구축된 KTCS-1(ATP : ETCS L1)과의 상호운영을 위한 요구사항 포함
  - 차상ATP/ATO·지상ATP 개발명세서 작성 및 검증
    - 장치구성

- 성능사양 작성
  - 기능사양 작성 및 기능배치(기본설계)
  - 상세설계에 따른 차상ATP/ATO·지상ATP 개발명세서 보완 및 검증
- 차상ATP/ATO·지상ATP 인터페이스 명세서 작성 및 검증
- 차상장치 및 지상장치 간 인터페이스 명세서 작성 및 검증
  - 차상ATP/ATO와 열차 내 타 장치와의 인터페이스 명세서 작성 및 검증
    - ※ 타 장치 : OBCS(On Board Control System), Motor Block(추진장치 및 전동기), 제동장치, LTE-R 차상단말 등
  - 지상ATP와 지상의 타 장치와의 인터페이스 명세서 작성 및 검증
    - ※ 타 장치 : 전자연동장치, 관제설비, 끌림검지장치 및 HBD(Hot Box Detector) 등 안전장치, LTE-R 망 등
  - 차상ATP/ATO·지상ATP 제작 및 단품시험, 안전성평가 결과에 따른 최종 명세서 작성
    - \* 최종 명세서 : 개발명세서, 인터페이스 명세서, R&D과정에서 도출되는 각종 기술자료 포함
- 현재 운용 중인 열차제어시스템(연동장치, ATC 등)과 인터페이스 확보
- 이동폐색용 지상ATP 개발
- 요구사항 분석 및 개념·기본·상세설계
- 열차운행최고속도 : 350km/h
  - 열차위치검지정밀도 :  $\pm 80\text{m}$ (지상자간 거리 최대 1,500m 적용)
  - 열차이동권한정보 전송주기 : 최소 0.5초
- 이동폐색제어기술 및 안전간격제어기술 기본·상세설계
- 이동폐색제어기술 및 안전간격제어기술 구현
- 열차위치결정 소프트웨어 모듈
  - 열차이동권한설정 소프트웨어 모듈
  - 열차제한속도설정 소프트웨어 모듈 등
- 시제품 제작 및 보완
- 실험실에서의 단품 시험
- 시험계획서 작성

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

- 환경시험, 기능 및 성능시험 등
  - \* 이동폐색제어 기능 및 성능시험, 열차속도제어 기능 및 성능시험
- RAM 및 안전성 인증 활동
  - RAM 관리계획서 작성 및 활동
  - SIL4 인증 획득
- 자동운전(GOA2)을 지원하는 차상 ATP/ATO 개발
  - 요구사항 분석 및 개념·기본·상세설계
    - 열차운행최고속도 : 350km/h
    - 열차위치검지정밀도 :  $\pm 80\text{m}$ (지상자간 거리 최대 1,500m 적용)
    - 열차속도검지정밀도 :  $\pm 8.8\text{km/h}$ (열차최고속도 350km/h 적용)
    - 동적속도프로파일(ATP프로파일)과 알람프로파일 간 속도 여유 : 5km/h
    - 동적속도프로파일(ATP프로파일)과 상용제동프로파일 간 속도 여유 : 5km/h
    - 열차위치정보 전송주기 : 최소 0.5초
    - 열차이동권한정보 전송주기 : 최소 0.5초
    - 자동운전모드에서 열차운행최고속도 : 300km/h
    - 정위치정차 정밀도 :  $\pm 2.5\text{m}$
  - 열차속도제어기술 및 열차자동운전기술 기본·상세설계
  - 열차속도제어기술 및 열차자동운전기술 구현
    - 동적속도 프로파일 생성 소프트웨어 모듈
    - 정위치정차 소프트웨어 모듈
    - 열차속도 및 주행거리 감시 소프트웨어 모듈
  - 시제품 제작 및 보완
  - 실험실에서의 단품 시험
    - 시험계획서 작성
    - 환경시험, 기능 및 성능시험 등
      - \* 열차속도제어기술 기능 및 성능시험, 열차자동운전기술 기능 및 성능시험
  - RAM 및 안전성 인증 활동
    - RAM 관리계획서 작성 및 활동

- SIL4 인증 획득
  - 성능시험 등
- 종합성능시험 인프라 구축을 위한 기본계획 수립
- 종합성능시험 기본계획 수립
    - 종합성능시험을 위한 요구사항 조사 및 분석
      - : 시험결과 인증과 관련한 국내 철도관련 법령 분석 포함
      - : 열차제어시스템 상호운영성 관련 사항 포함
    - 시스템 단계별 기능점검을 위한 시험계획서 작성
      - : 요구사항을 반영한 종합시험 추진체계(안) 도출
    - 종합성능시험 단계, 항목, 방법 및 절차 정의
      - : 수동운전 및 자동운전의 경우로 구분
    - 종합성능시험 인프라 설계
    - KTCS-M, KTCS-2, 현재 철도노선에 구축된 KTCS-1(ATP : ETCS L1)과의 상호운영을 위한 시험 고려
      - : 현재 운용 중인 열차제어시스템(연동장치, ATC 등)과 인터페이스 시험 고려
      - : 시험열차 및 지상인프라, 종합계측설비 포함
- 열차무결성검지장치 개발
- 요구사항 분석 및 개념설계
  - 기능 및 성능사양 정의
    - 열차분리검지정보 전송 : 이벤트 전송
  - 기본 및 상세설계
    - 하드웨어 설계
    - 소프트웨어 설계(열차분리검지모듈, 인터페이스 모듈)
  - 열차무결성검지장치와 차상 ATP 간 인터페이스 사양 작성
  - 시제품 제작
  - 실험실에서의 단품 시험
    - 시험계획서 작성
    - 환경시험, 기능 및 성능시험 등

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

### ○ 실시간 열차운행관제기술 개발

－ 이동폐색을 지원하는 일반·고속철도 열차운행 실시간 제어 요구사항 분석 및 개념설계

- 관제설비(CTC) 구성
- 성능명세서 및 기능명세서 작성
- 관제설비와 지상제어장치 및 전자연동장치와의 인터페이스 명세서 작성

： 열차위치정보를 초기화할 시 열차위치 정보 오차 :  $\pm 100\text{m}$

： 열차정시성 확보율 : 97% 이상(또는 열차지연율 3% 이하) : 열차의 역 도착시간을 “초” 단위로 관리

－ 일반·고속철도 열차운행 실시간 제어관리장치 설계

- 관제설비를 구성하는 각 장치별 기능설계
- 관제설비를 구성하는 각 장치 간 인터페이스 설계

－ 일반·고속철도 열차운행 실시간 제어관리장치 시험계획서 작성

- 시험항목, 시험방법, 시험절차, 결과판정 기준 등

### (5) 열차자동운전장치(ATO) 적용기술 연구

○ 열차운영의 효율성 및 안전운영의 향상과 에너지 효율 증대를 위하여 국가철도망 등에 열차자동운전장치(ATO)를 적용할 수 있도록 기술을 마련하기 위함

○ 과업위치 및 내용

국가철도망 및 도시철도 현황		구 분	주 요 내 용
		공간적 범위	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가철도망(광역철도 포함)</li> <li>• 국내 도시철도 ATO 기술현황 조사</li> <li>• 세계철도의 ATO 기술사례, 개발현황 조사</li> </ul>
		시간적 범위	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 총체 : 2017년12월28일~2018년12월27일</li> <li>• 1차 : 2017년12월28일~2017년12월31일</li> <li>• 2차 : 2018년02월02일~2018년12월27일</li> </ul>
		과업 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내 도시철도 및 광역철도의 열차자동운전시스템 기술조사</li> <li>• 국내 운영 중이거나 예정인 열차자동제어시스템에 ATO 기능을 추가를 위한 제반기술 검토</li> <li>• 전동차 및 일반열차 혼용구간에서 정위치 정차 등에 관한 기술 마련</li> <li>• 차량 종류, 지상여건(플랫폼 형태 및 길이, 정차 위치, 스크린도어 등)과 인터페이스를 고려한 시스템 구축방안</li> <li>• 해외 철도의 ATO 기술사례, 도입현황 및 연구개발 현황 조사</li> <li>• 국가 철도망 ATO 도입에 따른 타당성, 효율성 등 효과 분석</li> </ul>
과업위치 및 대상	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과업위치 : 국가철도망</li> <li>• 검토대상 : 운영 중이거나 운영 예정인 열차제어시스템</li> <li>• 조사대상 : 국내/해외 ATO 기술현황</li> </ul>		

## (가) 과업의 기본방향 및 세부내용

### ① 기본방향

- 열차운영의 효율성 및 안전운영의 향상, 에너지 효율 증대를 위하여 국가철도망 등에 열차자동운전장치(ATO)의 적용을 위한 기술조사, 각종 기술연구 및 시스템 기준을 마련함
- 연구결과를 종합적으로 분석하여 국가철도망에 열차자동운전장치(ATO)의 적용을 위한 타당성, 효율성 및 적용효과 등을 제시함

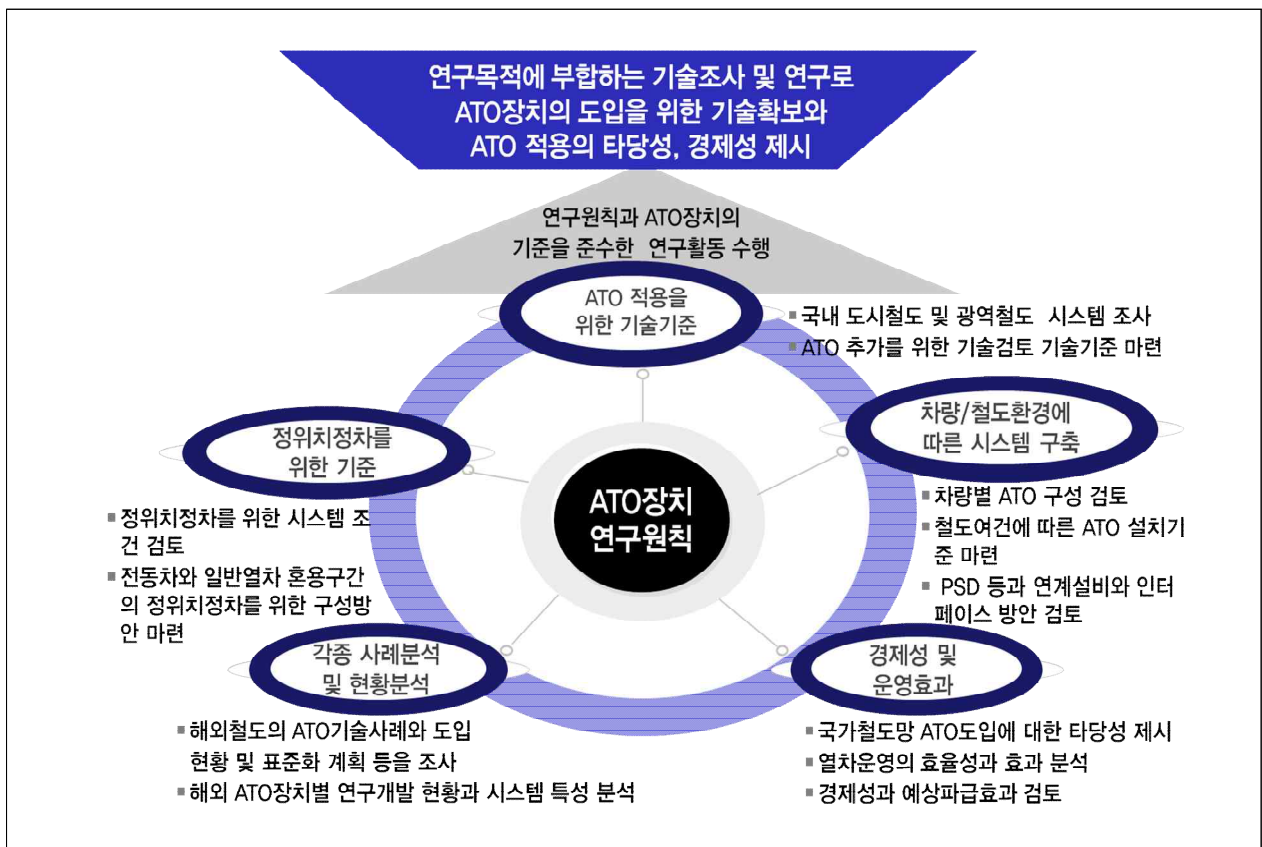
## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

### ② 주요 연구추진목표.

ATO 도입방안 연구	열차종별 정위치정차 방안 연구
<ul style="list-style-type: none"> <li>열차와 신호장치별 ATO장치 도입과 자동운전을 위한 연구 수행</li> <li>ATO장치의 도입을 위한 문제점 및 현안사항을 도출하고, 해결방안을 위한 시스템 조건 제시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>다양한 차량 및 열차제어시스템에 ATO 차상장치와 지상장치의 설치를 위한 시스템 구성과 기술기준 마련</li> <li>혼용구간 정위치정차와 허용범위 보장을 위한 시스템 구성과 기준 마련</li> </ul>
철도환경에 따른 시스템 방안 연구	ATO도입에 따른 효율성/타당성 연구
<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 철도환경에 합리적인 ATO 적용을 위한 시스템 구성과 기술기준 마련</li> <li>운영 및 유지보수가 용이한 ATO 시스템 구성과 기술기준 마련</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>효율성 분석은 정위치정차와 자동운전에 따른 효과와 절감비용 등을 조사하고, 국가철도망 ATO 도입 타당성 효과 및 실용화 방안 분석</li> </ul>

### ③ 과업의 세부내용

주요 과업에 따른 연구원칙과 세부내용은 다음과 같음.



[그림 1-2] 열차운전자동장치(ATO) 연구원칙

## ○ 전동차 및 일반열차 혼용구간에서 정위치 정차를 등에 관한 기술 마련



### 과업내용

- 전동차와 일반열차가 혼용 운행하는 구간에서 정위치 정차를 위한 기술 마련
- 정위치 정차 허용범위 보장을 위한 기술 검토

## ○ 차량 종류, 지상여건과 인터페이스를 고려한 시스템 구축방안



### 과업내용

- 차량의 추진/제동방식 단위로 ATO 기술 적용 방안 제시
- 차량 종류 단위로 지상여건(플랫폼 형태 및 길이, 정차위치, 스크린도어 등)과 인터페이스를 고려한 구축방안 제시

## ○ 해외 철도의 ATO 기술사례, 도입현황 및 연구개발 현황 조사



### 과업내용

- 유럽, 중국, 일본, 미국 등 해외철도 ATO 현황 조사
- UIC 등 해외철도의 ATO표준화 동향 및 기술 현황 조사

## ○ 국가 철도망 ATO 도입에 따른 타당성, 효율성 등 효과 분석



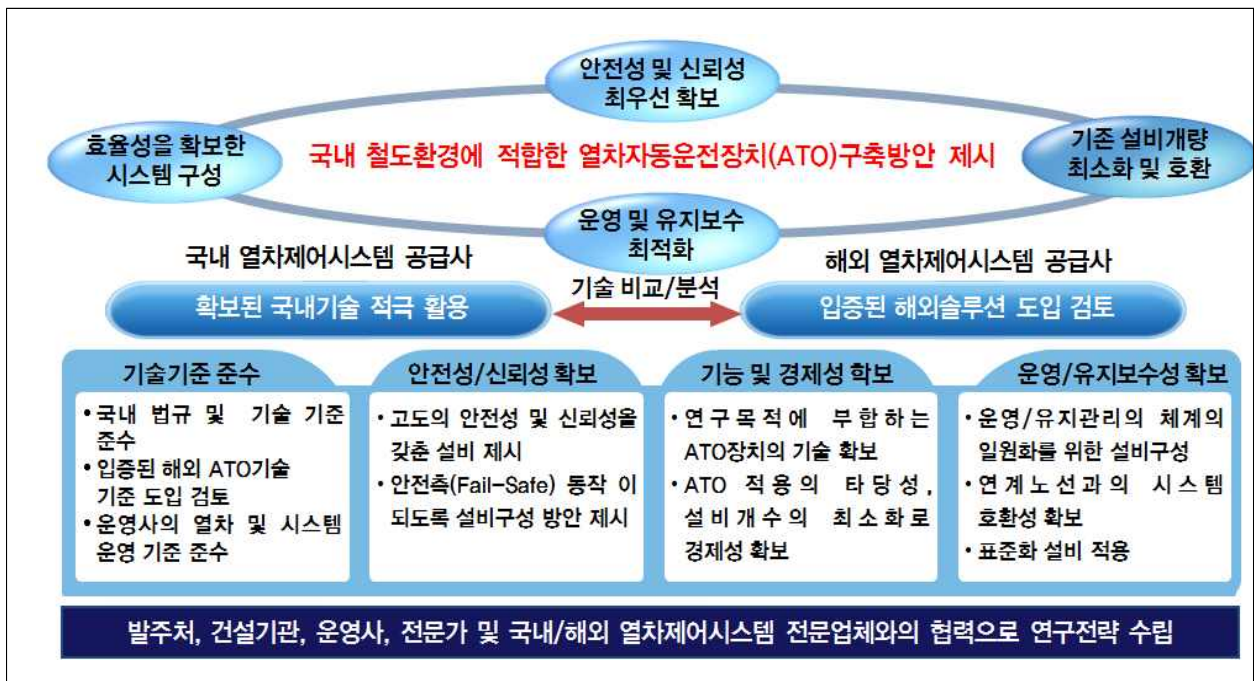
### 과업내용

- 철도건설 및 운영기관 의견 수렴을 통한 타당성 분석(도입 범위 등)
- 일반, 광역, 고속철도 ATO 도입에 따른 타당성, 효율성 등 효과 분석 제시 및 정책(제도 포함) 마련 (KTCS-2 적용을 위한 법제화 대상 및 내용 마련 포함)

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

### (나) 시스템 구성기준

- 열차자동운전장치(ATO)의 시스템 구성은 안전성 및 신뢰성을 최우선으로 확보하고, 기존 열차제어시스템, 차량 및 철도환경에 적합한 ATO장치를 적용하여 기존 설비의 개량을 최소화 하여 효율성 및 타당성이 확보되는 시스템 구성과 기술기준을 수립하여 연구용역을 수행함.
- 열차자동운전장치(ATO)는 운영 및 유지보수가 용이하고, 표준화 설비로 적용하며, ATO 시스템의 분석은 확보된 국내기술과 입증된 해외솔루션 도입을 검토하여 최적의 방안을 도출함



[그림 2-1] 열차자동운전장치(ATO) 시스템 구성기준

### (다) 과업수행절차

#### ① 기본방향

- ATO장치는 ATC/ATP장치, 연동장치 등과 연동되어 설비가 구성되며, 이에 따라 기존 열차제어시스템과 연계구성을 위한 타당성을 제시함
- 또한 기존 국내 철도환경은 다양한 차량이 운행되고 있고, 정거장 환경이 다양하여 이에 따른 표준화된 ATO설비의 설치를 위한 기술근거를 마련함
- 따라서, 기술사례 분석과 기존 열차제어시스템 구성과 차량 및 철도환경을 고려한 종합적인 연구용역 근거의 타당성을 제시함

② 기본수행절차

계획단계		연구단계		종료단계
조사 단계	선정 단계	분석 단계	평가 단계	최종단계
<ul style="list-style-type: none"> <li>•ATC/ATO 기술자료 조사</li> <li>•국내철도망 노선별 신호설비 조사</li> <li>•철도공사와 ATO 적용을 위한 협의 시행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•조사현황과 신호설비와 운영설비를 고려한 분석대상 선정</li> <li>•발주처 및 운영자의견에 따른 ATO 적용대상 선정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•선정된 분석대상을 기초로 예상되는 파급효과를 분석</li> <li>•전문가 의견 수렴 및 평가와 객관적인 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•전문가를 활용한 분석결과의 평가 시행</li> <li>•발주처 및 운영자에게 분석결과 및 평가 내용 보고</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•최종 분석결과에 따른 예상되는 파급효과 제시</li> <li>•추가 분석사항 발생 시에 평가결과 보완</li> </ul>

[그림 2-2] 열차자동운전장치(ATO) 연구용역 기본수행절차

③ 단계별 과업수행절차

○ 총 12개월간(발주처 공정계획)에 걸쳐 진행되는 본 과업의 성공적인 수행을 위하여 단계별 목표를 선정하여 과업수행을 수행함.

－ 예정공정에 따른 과업수행

No	공종	수량	단위	연구기간 (착수일로 부터 12개월간)												비고	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
①	<ul style="list-style-type: none"> <li>•국내 도시철도 및 광역철도의 열차자동운전 시스템 기술 조사</li> <li>•해외 ATO 기술사례 조사</li> </ul>	1	식	■													착수 보고
②	<ul style="list-style-type: none"> <li>•국내 열차제어시스템에 ATO 추가를 위한 제반기술 검토</li> <li>•정책(제도 포함) 분석 및 마련</li> </ul>	1	식		■	■	■	■	■	■							
③	<ul style="list-style-type: none"> <li>•전동차 및 일반열차 혼용구간의 정위치정차 등에 관한 기술마련</li> </ul>	1	식						■	■	■	■	■				중간보고/자문
④	<ul style="list-style-type: none"> <li>•차량 종류, 지상 여건과 인터페이스를 고려한 시스템 구축방안</li> <li>•국가철도망 ATO 도입에 따른 타당성, 효율성 등 효과 분석</li> </ul>	1	식									■	■	■			최종 보고
⑤	<ul style="list-style-type: none"> <li>•보고서 작성</li> </ul>	1	식									■	■	■	■		
계		1	식	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		

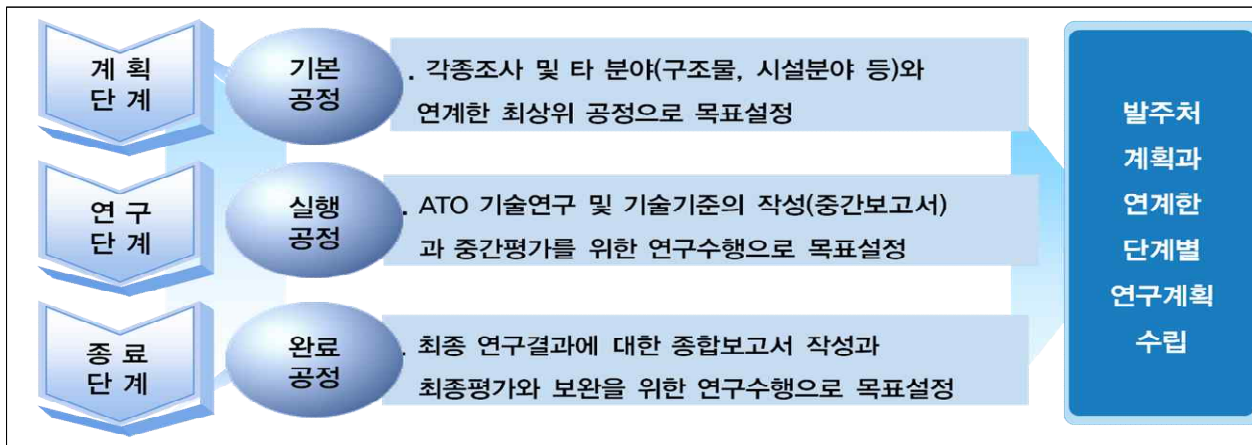
[그림 2-3] 열차자동운전장치(ATO) 예정공정계획

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

### ○ 주요 공종별 연구목표

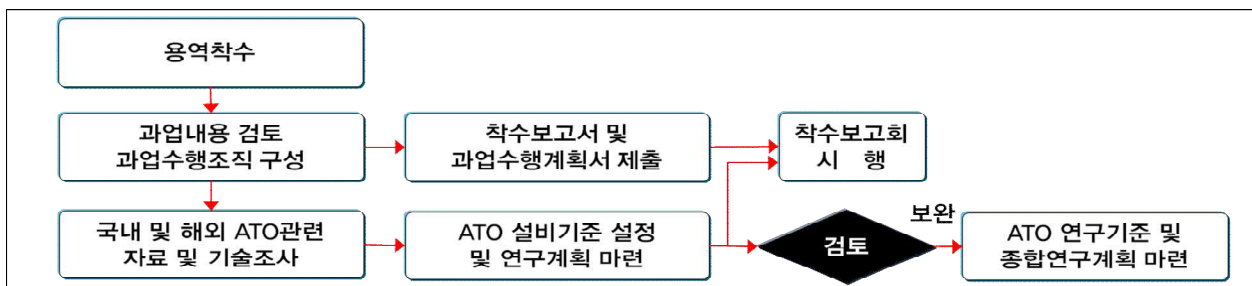
No	연구목표	비고
①	<ul style="list-style-type: none"> <li>국내 도시철도 및 광역철도의 ATO 분석과 ATO 기술현황 조사</li> <li>해외 ATO 분석과 국내 철도에 적용을 위한 ATO 기술기준 조사</li> </ul>	
②	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 열차제어시스템과 ATO장치의 연계를 위한 시스템 기준 마련</li> <li>국내 시스템표준화 등의 정책과 ATO 표준화를 위한 기준 마련</li> </ul>	
③	<ul style="list-style-type: none"> <li>전동차 및 일반열차 혼용운영 구간의 운영방식 분석과 패턴 검토</li> <li>정위치정차를 위한 ATO장치(지상자, 루프 등) 시스템 조건 제시</li> </ul>	
④	<ul style="list-style-type: none"> <li>차량 종류별 특성, 차상장치의 기술 분석과 ATO 도입 기준 제시</li> <li>국가철도망 ATO 도입에 따른 타당성, 효율성 등의 효과 분석과 신뢰성 및 안전성 확보를 위한 제도 마련</li> </ul>	
⑤	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술기준, 근거, 타당성, 효율성, 효과와 표준화 등을 종합적으로 작성</li> </ul>	

### ○ 단계별 과업수행계획



[그림 2-4] 열차자동운전장치(ATO) 단계별 연구목표 및 관리절차

#### － 계획단계



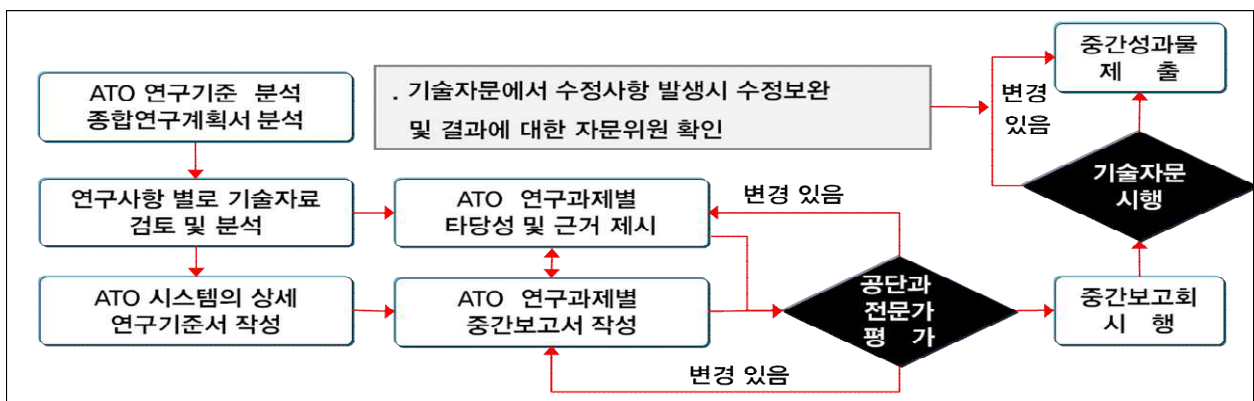
[그림 2-5] 계획단계 수행절차 및 내용

- 계획단계의 수행은 용역의 원활한 수행을 위한 연구계획과 목표를 설정하고, 자료 조연구계획 및 목표를 설정하기 위한 핵심항목 및 조사계획 설정

- : 현재 열차제어시스템 기술조건과 향후 열차제어시스템(KTCS-2 등)의 기술조건 검토
- : 국내 운영 중인 ATO 관련 기술현황 및 관련자료 조사
- : 국가철도망(노선)의 열차제어시스템 및 열차운영환경조건 조사
- : 해외 ATO 관련 기술현황 조사와 UIC 등 표준화 동향 조사 및 분석
- : ATO 설비기준 설정과 연구계획 마련
- 중점 조사사항

구 분	중점 조사내용	비 고
정위치정차	혼용구간 정위치정차를 위한 해외기술 등의 조사 차량종별, 정거장 조건 등이 상이한 구간의 ATO 기술 조사	
ATO호환성	ATS, ATC, ATP, KTCS-2와의 ATO 연계를 위한 기술 조사	
ATO표준화	각종 열차제어시스템별로 추가되는 설비 및 개수사항 검토 각종 열차제어시스템에 표준화된 ATO장치 적용기술 검토 UIC 등의 ATO표준화 계획 등을 집중 조사	

## － 연구단계



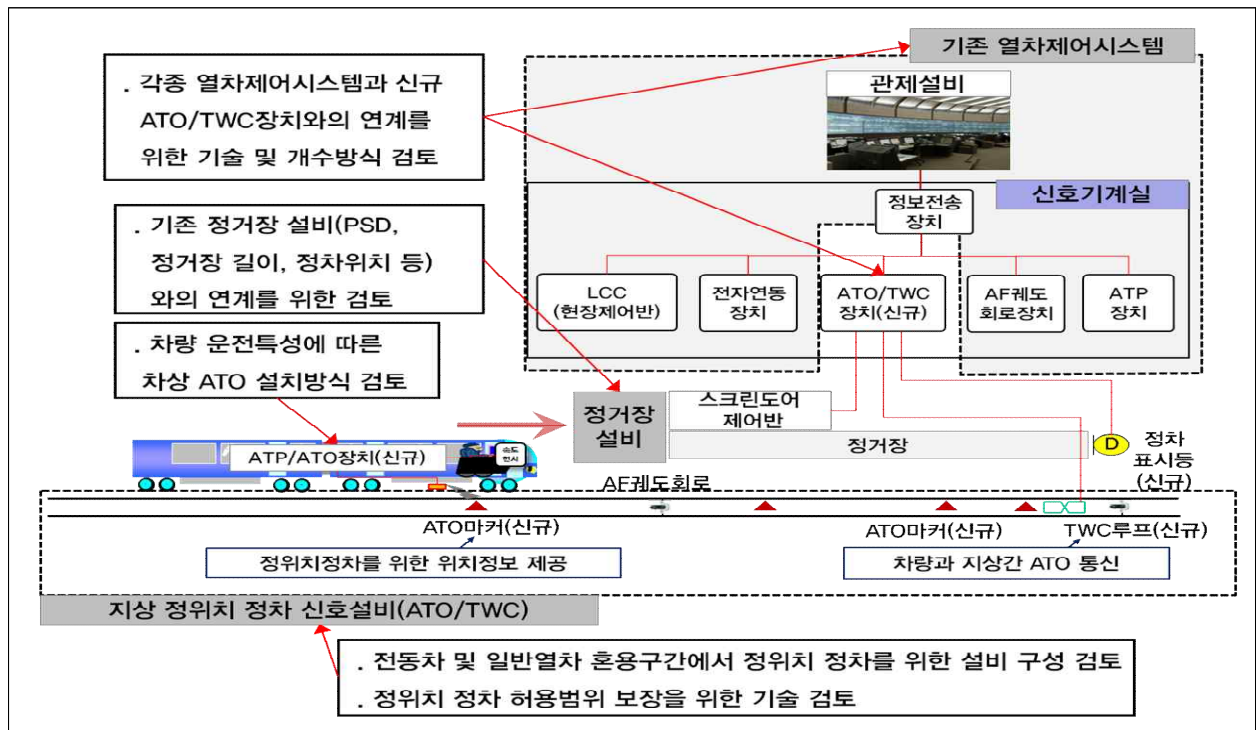
[그림 2-6] 연구단계 수행절차 및 내용

연구단계에서는 계획된 시스템기준과 목표를 기준으로 ATO 적용을 위한 연구수행(과업지시서 기준)과 중간평가를 시행하는 단계로 연구를 수행함

- 계획단계에서 마련한 ATO 연구기준 및 종합연구계획을 기준으로 상세 연구계획 수립

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

- 상세연구계획서를 기준으로 연구사항 별로 기술자료 검토 및 분석 시행
- 상세 ATO 시스템 기준 수립
- ATO 연구과제별 중간보고서 작성과 내부 전문가에 의한 검토 및 수정
- 국내 철도의 열차자동운전시스템의 기술검토 및 작성
- 해외철도의 ATO 현황, 기술사례, 연구개발, 표준화 현황 검토 및 작성
- 국내 운용중인 열차제어시스템과 운행 예정인 열차제어시스템(KTCS-2 등)의 기술현황과 ATO장치의 설치를 위한 기술검토 및 작성
- ATO 표준화를 위한 기술기준 검토 및 작성
- ATO 도입에 따른 기술적 타당성, 근거, 효과 및 효율성 분석 및 작성
- ATO 연구과제별 연구내용과 ATO 도입의 타당성, 효율성 등에 대하여 발주처와 외부기관(운영자, 외부 신호전문기관 등)의 검토 및 수정
- 중간보고회 수행과 중간성과물 제출
- 중점 검토내용

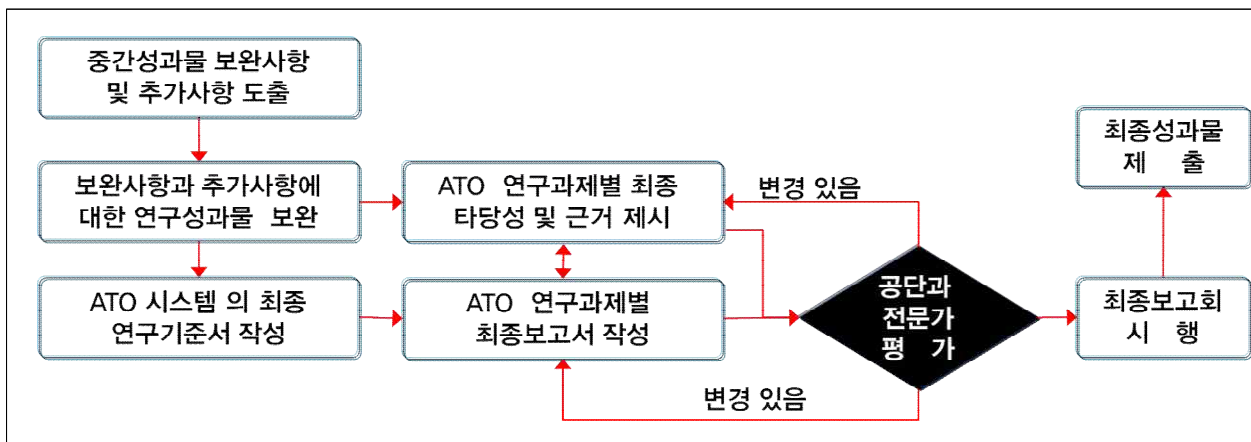


[그림 2-7] ATO 기능추가를 위한 중점검토내용

구 분	검토내용	비 고
차량 (차상ATO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>차량의 운전특성, 기존 차상설비와 신규 ATO장치의 설치 및 개량을 위한 시스템기능 구현과 설치공간 확보여부 검토</li> <li>다양한 차량의 운전특성에 따른 ATO 표준화 방식 검토</li> </ul>	
열차제어 시스템 연계성	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 열차제어시스템에 신규ATO장치의 설치를 위한 기술검토</li> <li>ATC, ATP 및 KTCS-2와 신규 ATO와의 연계기술 검토</li> <li>ATS 설치구간의 경우 신규 차상열차제어시스템 추가 필요</li> </ul>	
정위치정차	<ul style="list-style-type: none"> <li>전동차 및 일반열차 혼용구간에서의 표준화된 ATO 지상설비 구성방식 검토</li> <li>정위치정차 허용범위 확보를 위한 기술 검토</li> </ul>	
승강장 설비와의 연계	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 스크린도어(PSD)와의 연계구성을 위한 기술 검토</li> <li>다양한 정거장 형태 및 길이에 따른 정위치정차위치 검토</li> </ul>	

### － 종료단계

종료단계는 연구결과에 대하여 종합보고서를 작성하고, 최종 연구완료료 위한 평가 및 최종보고회를 수행함



[그림 2-8] 종료단계 수행절차 및 내용

- 중간성과물에 대한 수정 및 보완을 시행하여 종합보고서로 작성하고, ATO 연구과제별 최종 타당성 및 근거 제시
- 연구성과물에 대한 최종 평가 시행과 보완사항 발생 시에 연구내용을 보완 하고, 발주처 및 전문가 확인
- 최종 과업내용에 대한 요약설명서 작성과 최종보고회 시행
- 최종보고회 이후 보완요구 및 필요시에 성과물의 보완을 시행하고 최종성과물 제출

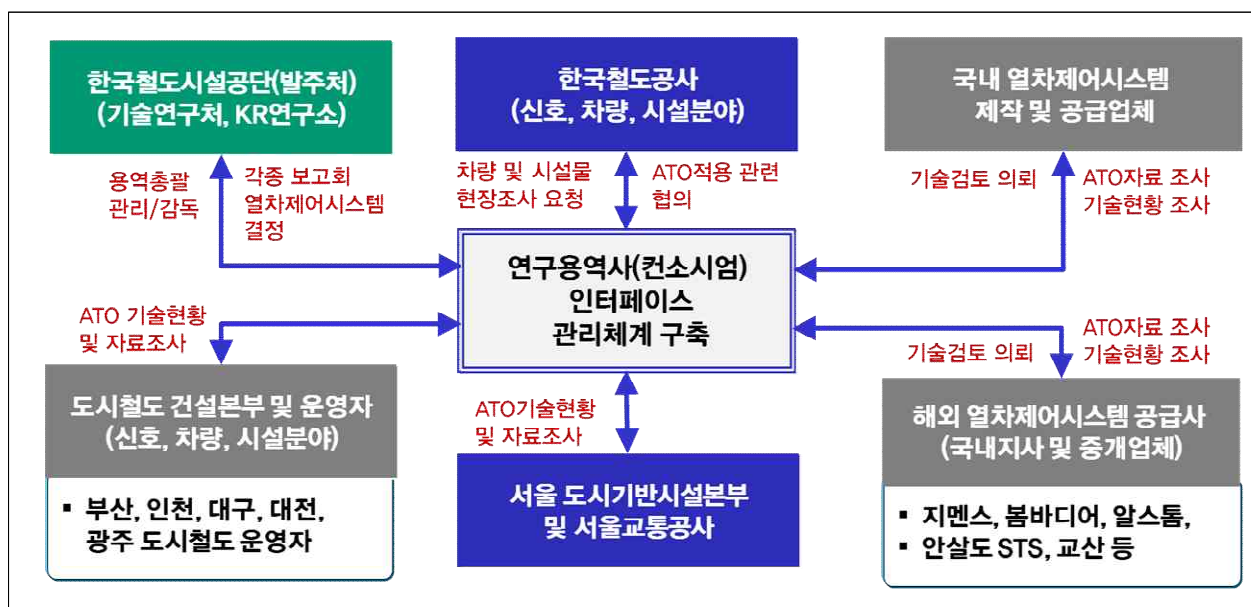
## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

- 중점 검토내용

구 분	수행내용	비 고
ATO 기술기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ATO 기술기준의 적합성에 대한 철저한 검토 시행</li> <li>• 발주처, 외부전문가 및 운영자의 최종 의견 수렴</li> </ul>	
타당성 및 근거	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구과제별 기술기준의 타당성 및 근거의 적정성 검토</li> <li>• 필요시 외부 전문기관에 관련 근거 확인</li> </ul>	
효율성 및 효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ATO 도입에 따른 효율성(경제성 등)과 효과에 대한 객관적인 평가 시행</li> <li>• 필요시 외부 평가기관에 관련 근거 확인</li> </ul>	

### － 인터페이스 계획

열차자동운전장치(ATO)의 연구용역수행을 위한 인터페이스 계획은 발주처와 해외 주요 열차제어시스템 공급사(지멘스, 봄바디어, 알스툼, 안살도 STS, 교산 등), 국내 열차제어시스템공급사 및 건설조직/운영자와의 협의체계를 구성하여 수행



[그림 2-9] 열차자동운전장치(ATO)의 인터페이스 수행방안

## (나) ATO 기능 추가를 위한 제반기술 검토

### ① 국가철도망에 ATO 추가 방안 검토

○ 국가철도망 열차제어시스템에 ATO장치 적용기준

구 분	적 용 기 준 (안)
ATO장치 시스템 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가철도망의 열차자동운전의 안전을 담당하는 신호설비는 ETCS 기반의 ATP장치(ETCS Level 1)가 다수 운영되고 있고, 향후 일반/고속철도에 KTCS-2(ETCS Level 2)가 도입될 예정에 따라 국가철도망의 ATC장치는 ETCS 기반의 ATP장치와 KTCS-2로 정함</li> <li>• ETCS 기반의 ATP장치와 KTCS-2의 시스템 기준은 우선적으로 Baseline 2(SRS 2.3.0d, Subset-026)를 바탕으로 하고, 국내 철도환경에 적합하도록 ATO 추가방안의 제시</li> <li>• 향후 국가철도망에 Baseline 3으로 시스템 기준이 정립될 경우 시스템 기준을 SRS 3.4.0, Subset-026으로 개정 필요</li> <li>• 광역철도의 ATC장치는 기존 방식인 ATO장치(속도코드 방식)로 정함</li> <li>• 광역철도의 ATO장치는 기존 ATC장치(속도코드방식)와 도시철도 운영환경을 기준으로 ATO 추가방안을 제시</li> </ul>
ATO장치 시스템 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ATO장치의 시스템은 Subset-125의 ATO 시스템 구조/기능, ATO 운영조건, 요구되는 입력 및 출력특성, 기관사와 장치 간에 인터페이스를 바탕으로 국내 철도환경에 적합한 시스템의 기준을 정립</li> <li>• 광역철도의 ATO장치는 기존 ATC장치(속도코드방식)와 도시철도 운영환경을 기준으로 ATO 시스템의 기준을 정립</li> </ul>
자동화수준 (GoA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가철도망은 완전자동운전을 구현하기에는 위험요소가 다수 발생될 수 있고, 특히 무인운전의 필수조건인 자동 회차구간, 안전설비 등이 구비되어 있지 않아 다수의 설비개량이 요구됨</li> <li>• 자동화 수준은 현재 국가철도망을 기준으로 할 때 역간 자동운전, 정위치정차 등을 수행하는 GoA2로 하며, GoA3~4를 위한 철도환경 개선방안도 제시</li> </ul>
ATO장치 인터페이스 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가철도망 ETCS 기반의 ATP장치와 KTCS-2 장치는 ATO over ETCS(AoE) Subset을 바탕으로 국내 철도환경에 적합하도록 인터페이스 기준 정립                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- Subset-126 : ATO패킷 정의, 어플리케이션 간의 통신원리(FIS 레벨)</li> <li>- Subset-130 : ATP/KTCS-2와 ATO인터페이스, 열차차상장치와 ATO인터페이스</li> <li>- Subset-131 : ATO 및 TMS간 인터페이스</li> <li>- Subset-132 : 열차간 ATO인터페이스</li> </ul> </li> <li>• 광역철도의 ATO장치는 기존 ATC장치(속도코드방식), 차상 ATC장치 및 기존에 설치된 PSD 등과 인터페이스를 수행하도록 ATO의 인터페이스 기준 정립</li> </ul>

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

구분	적용 기준 (안)
ATO 운영기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가철도망 ETCS 기반의 ATP장치와 KTCS-2 장치는 유럽 ETCS를 기반으로 정의한 “ATO over ETCS Operational Requirement를 바탕으로 국내 철도운영 환경에 적합한 운영 기준 마련</li> <li>• 광역철도의 ATO장치는 기존 ATC장치(속도코드방식)와 도시철도 운영환경에 적합한 운영기준 마련</li> </ul>
ATO 차상시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가철도망 ETCS 기반의 ATP장치와 KTCS-2 장치는 유럽 ETCS를 기반으로 정의한 ATO-OB New Trains Onboard Subsystem Requirement Specification을 바탕으로 국내 열차에 적합한 설비기준 마련</li> <li>• 광역철도의 ATO장치는 기존 차상장치를 바탕으로 ATO 차상시스템 설비 기준 마련</li> </ul>
ATO를 위한 기존설비 개량	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가 철도망은 완전자동운전을 구현하기에는 위험요소가 다수 발생될 수 있고, 특히 무인운전의 필수조건인 자동 회차구간, 안전설비 등이 구비되어 있지 않음</li> <li>• 이에 따라 자동화 수준 별로 선로개량방식과 신설 또는 개량 되어야 하는 신호/관제설비, 감시설비, 안전설비 등을 검토하고, ATO와의 인터페이스 방안을 제시</li> </ul>

### (다) 열차자동운전(ATO) 장치의 기본조건

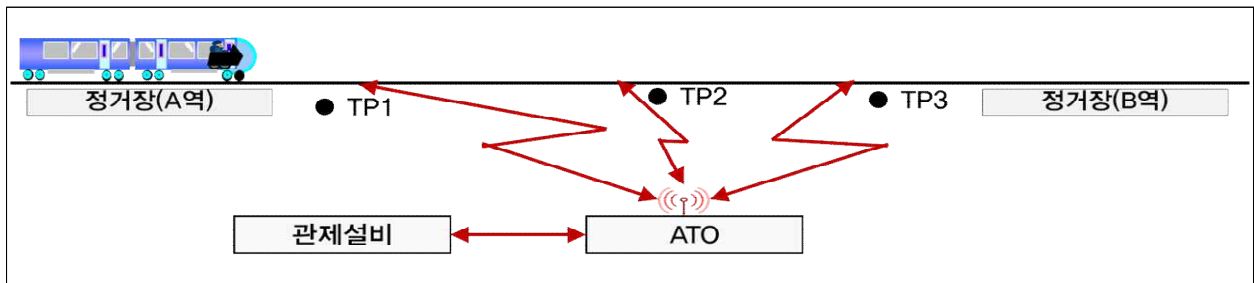
#### ① 일반사항

- 국가철도망에 도입하는 ATO장치는 ATP장치와 KTCS-2 장치와의 안전성 및 범세계적인 상호 운영성을 제공하여야 하며, 다음과 같은 사항을 목표로 시스템을 구축하여야 함
  - 열차제어시스템 성능 개선
  - 선로성능 및 용량 개선
  - 운영비용 절감
- ATO장치는 에너지 효율이 가장 높은 방식으로 정해진 운행시간으로 자동운전을 위한 열차제어시스템으로 구성되어야 하며, 다음과 특성을 가져야 함
  - ATP장치 및 KTCS-2의 열차운행제어의 보완을 위하여 ATO 기능을 추가
  - ATO 자체에는 별도의 안전기능을 포함하지 않으며, 안전기능은 ATP(Automatic Train Protection) 기능을 하는 ATP장치와 KTCS-2에서 수행
  - ATO 안전감시모드는 ATP장치와 KTCS-2에서만 수행이 가능하여야 함

- ATO는 각각 안전 및 운영비용 절감은 보장하여야 함
  - 열차운영에 교통량의 증대하여야 함
  - 열차운전의 최적화로 에너지 소비량을 저감하여야 함
  - 혼합교통망 내 다양한 서비스 패턴의 최적화 하여야 함
- ATO의 설계는 다음과 같아야 함
  - 열차의 다양성 및 인프라 설비의 확대를 유연하게 관리할 수 있어야 함
  - 열차운행에 대한 이해관계자 간에 책임을 명확히 규정하여 상호운영성을 고려하여야 함

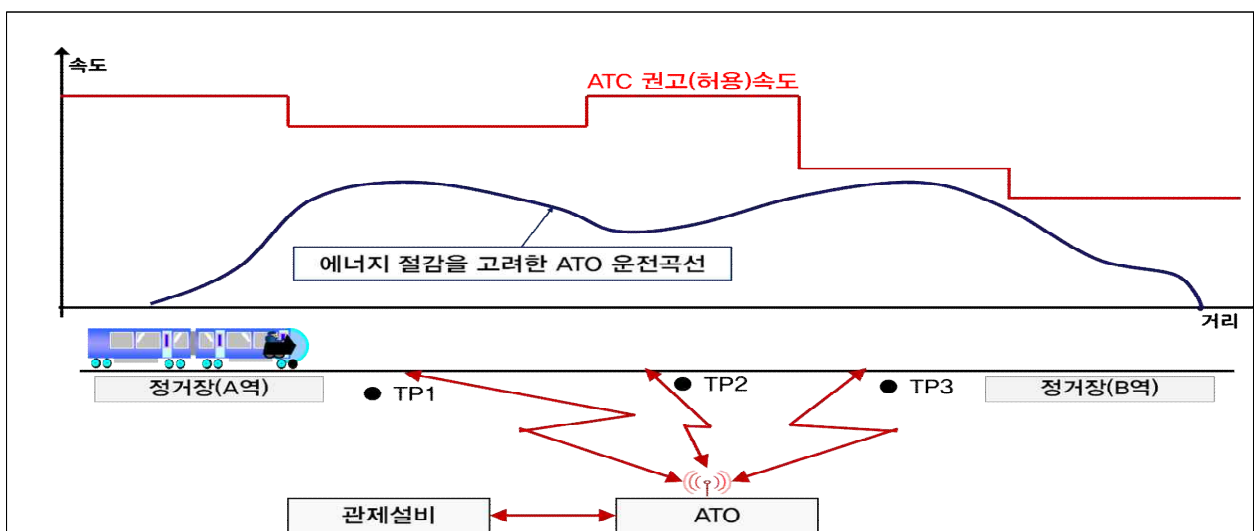
## ② 동작조건

- 실시간 시간과 지점을 업데이트 하여야 함(Journey Profile : 운행여정 프로파일)
  - 실시간 인프라 데이터를 업데이트 하여야 함(세그먼트 프로파일 : Segment Profile)



[그림 5-8] ATO장치 시간, 지점, 인프라 업데이트(예시)

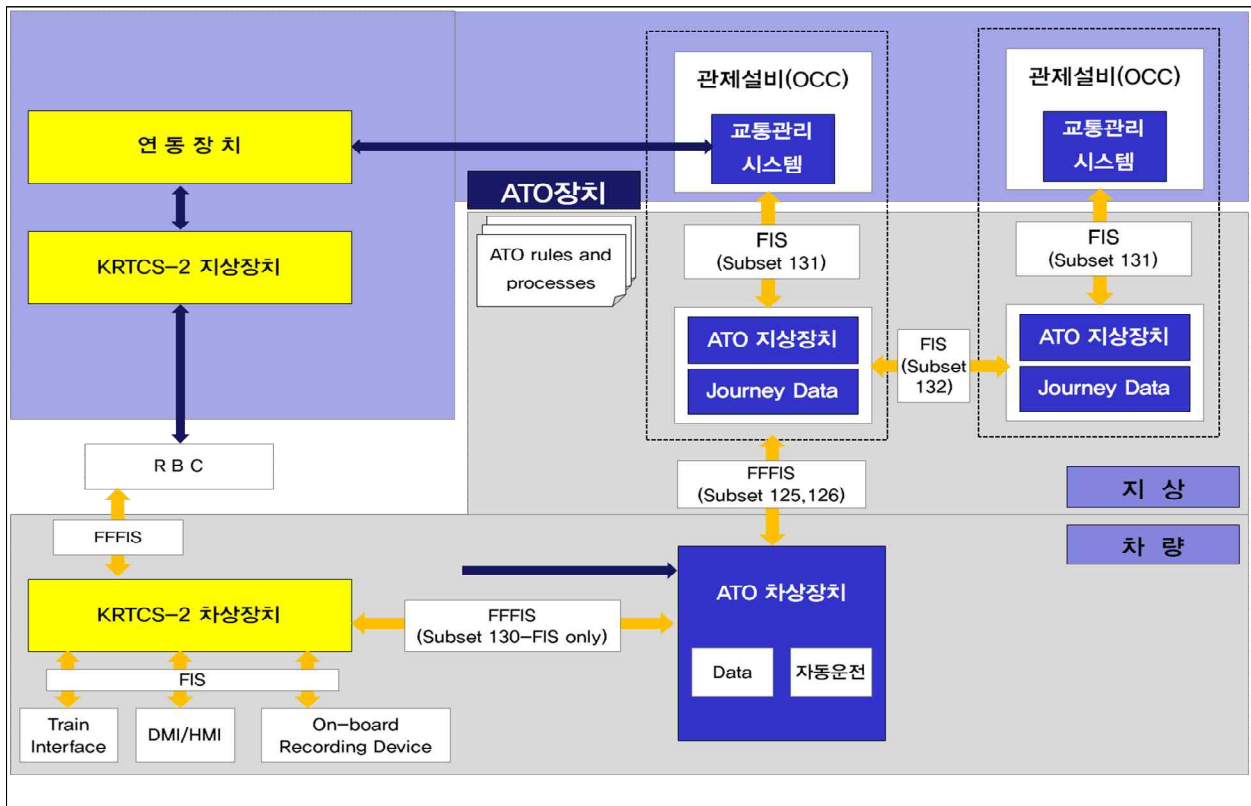
- ATO는 에너지 효율이 가장 높은 속도프로일로 열차를 운행하기 위하여 운행시간표를 근거로 속도제어곡선을 생성하여야 함



[그림 5-9] ATO 속도프로파일 생성(예시)



○ KTCS-2



[그림 5-11] KTCS-2의 ATO 시스템 구조(예시)

⑤ 열차자동운전(ATO)의 상호운영성 및 인터페이스 기준

○ 상호운영성 확보

ATO장치는 상호운영을 위하여 다음과 같은 규격을 바탕으로 국내 철도환경에 적합하도록 시스템 및 인터페이스 기준이 정립하도록 함

－ ATO 시스템 사양

- Subset-125 - System Requirement Specification 준용
  - : 기능적인 특성
  - : 요구되는 입력 및 출력조건
  - : 기관사와 장치 간에 인터페이스(Driver Machine Interface)
  - : ATO 운행상태
  - : ATO 시스템 구조

－ ATO 차/지상 인터페이스 사양

- Subset-126 - ATO-OB/ATO-TS Interface Specification 준용

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

- “ATO 패킷” 정의
- 어플리케이션 간의 통신원리(FIS 레벨)
- ATO 차상장치와 ATP/KTCS-2 차상장치 간에 인터페이스 사양
  - Subset-130 - ATO-OB/ETCS-OB Interface Specification 준용
  - 주요내용
    - ETCS 차상 어플리케이션을 탑재한 ATO-OB(예 : 안전제동곡선)
    - 열차 인터페이스가 가능한 ATO-OB
    - DIM를 탑재한 ATO-OB
    - "차상기록장치" 를 탑재한 ATO-OB
    - ATO-TS를 탑재한 ATO-OB(Subset-126 참조)
- ATO지상장치와 관제설비 간에 인터페이스 사양
  - Subset-130 - ATO-OB/ETCS-OB Interface Specification 준용
- ATO지상장치와 ATO지상장치 간에 인터페이스 사양
  - Subset-132 : ATO-TS/ATO-TS Interface Specification(FIS) 준용

### (라) 일반/고속철도의 ATO 적용 시에 요구사항

열차자동운전(ATO) 기능을 일반철도 및 고속철도에 적용 시에는 다음과 같은 요구사항을 구현하도록 함

- 다양한 서비스 패턴 및 혼합교통을 효과적으로 관리
  - 열차의 정시성
  - 열차운행 장애로 인한 영향 최소화
  - 열차운행 장애에 대한 탄력성 개선
- 에너지 절감
  - 열차속도 제어곡선의 최적화
  - 필요이상의 과주방지
  - 열차 추돌, 충돌방지
- 운송용량 개선
  - 가장 안정적인 이동시간 및 역 운행 → 시간표산 보다 낮은 점유

- 보다 적은 수의 열차로 동일한 서비스 제공(운행시격)
- 기계적 마모 저감
- 승차감 개선
- 다양성 추구
  - 독립된 운영(열차 및 인프라)
  - 다양한 열차운행 등급 부여
  - 광대하고 복합적인 선로배선의 수용
- 개방된 선로조건 수용
  - 운행선구 전역으로 열차운행이 가능
  - 선로 내 모든 구간에서의 사람의 침입을 방지하는 것은 불가능하여 이에 대한 대책 필요
- 마그네이션에 소요되는 시간
  - 대부분의 열차이동이 다양한 인프라 설비에서 실시되어 이에 대한 개선 필요
  - 시스템 구축동안의 상호 운영을 위한 대책 필요
- 열차 및 인프라장치의 다양성
  - 차상 ATO는 현재의 인프라 설비와 동기화 되어야 함
  - 선로변 장치는 기존 열차의 운행에 영향을 미쳐서는 안됨

### (마) 열차자동운전장치의 원칙

#### ① ATO 원칙(1) : 성능 및 에너지 효율

ETCS기반의 ATP장치 및 KTCS-2 ATO의 전체 시스템 성능 및 에너지 효율이 있는 시스템 달성을 관리하기 위하여, 다음과 같은 요구사항들이 필요하며, 관련기준은 ETCS ATO 운영원칙[RD2]를 준용함

- 성능 파라미터의 정의
  - ATO 열차는 복구역량 및 전체운행용량에 관한 특정 성능을 실현하여야 함
  - 선로변 ATO는 자동운행을 지원하기 위해 모든 필수 인프라 구조 데이터에 접근이 가능하여야 함
  - 열차운행 여정 프로파일 및 세그먼트 프로파일은 ATO 차상장치로 전송되어야 함
  - 열차운행 여정 프로파일 상 정의된 모든 정차 지점에서 요구되는 경우, 차상 ATO는

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

열차를 정지시켜야 함

- ATO 기능은 다양한 점착력 범위를 만족하여 열차운행을 지원하여야 함
- 가능한 훔 - 레일 점착력(선로변 ATO로 부터 전송된)이 차상 ATO에서 고려되어야 함
- 이동 중, 점착조건에 변화가 있을 시 차상 ATO는 선로변 ATO 측에 실시간으로 해당정보를 알려주어야 함
- 만약 해당 구역 내에서 점착력 조건에 대한 여정프로파일의 업데이트가 요구되는 경우, 업데이트된 여정프로파일은 해당 구역 내에서 주행 중인 모든 ATO 열차로 전송되어야 함
- ATO 차상장치는 요구되는 성능의 달성과 일치하는 견인 및 제동 사이에서 이동을 최소화 하는 방식으로 열차속도를 제어하여야 함
- ATO 차상장치는 정의된 수행 레벨을 충족시킬 수 있기 위하여, 견인 및 제동 명령이 차량과의 조화가 확실하기 위한 조정이 가능하여야 함
- ATO 차상장치는 차량 문 제어 및 차량의 인터페이스와의 조화를 확실하게 하기 위한 설정이 가능하여야 함
- ATO 차상장치는 에너지 효율이 가장 높고 여정 프로파일을 준수하며, ETCS 기반의 ATP장치 및 KTCS-2의 안전범위 내에 있는 ATO 응용속도 프로파일을 계산하여야 함

### ② ATO 원칙(2) : 감시 및 조정

열차운행감시, 열차서비스 관리에 필요한 기능에 대한 요구사항을 정의함

#### ○ 열차운행감시

- 차상 ATO는 선로변 ATO 측에 위치를 보고하여야 함

#### ○ 열차서비스 관리

### ③ ATO 원칙(3) : 야드, 차량기지 및 주박지

#### ○ 야드, 차량기지 및 주박기지에서의 열차운행

- ATO 열차는 여정프로파일에 따라 지정된 야드, 차량기지 및 주박지 내 지정된 위치에 할당되어야 함

#### ○ 야드, 차량기지 및 주박지와 본선 간에 이동관리

#### ○ 차상 ATO는 상용서비스에 착수하기위해 ATO 열차를 이동하라는 요청에 따라야 함

#### ○ 차상 ATO는 상용서비스 종료를 위해 ATO 열차를 종료하라는 요청에 따라야 함

### ④ ATO 원칙(4) : 열차의 안전 움직임 확보

- ATO운행에 ATO 운행에 요구되는 안전성 기능을 다룬다. ATO는 안전이 제일 중요한 시스템이 아니므로 안전 기능은 ETCS기반의 ATP장치와 KETCS-2 시스템으로부터 관리되어야 함

- 안전한 진로, 안전한 열차 분리, 안전 속도 및 안전한 열차 이동권한 부여의 보장
- 운전 방향 변경
- 열차 결합 및 분리

### ⑤ ATO 원칙(5) : 열차 운행

- ETCS 기반의 ATP장치 및 KTCS-2의 ATO가 열차 속도를 개시, 중지, 저속운행 및 제어함으로써 그러한 가속, 감속 및 측선 속도들이 여객 승차감 한계 또는 화물/유지보수 열차의 설계한계 내에 있으며, 열차운행속도가 차상 ATP장치 및 KTCS-2 서브시스템이 설정한 제한속도 내에 있음을 보장하여야 함

- 준비 및 주박
- 열차 데이터 입력
- 출발 조건의 확보
- 두 개의 운행시점 사이의 열차 운행
- GoA 및 이동 관리
- 운행방향 변화
- 열차의 결합 및 분리

### ⑥ ATO 원칙(6) : 견인전력 제어

- 전력소비효율
- 운행지역 내 다양한 전력원 간 전환
- 견인전력 손실

### ⑦ ATO 원칙(7) : 궤도경계(플랫폼) 및 검지장치 감시

- 플랫폼 궤도와 다른 궤도 사이의 경계 감시
- 지장물검지장치 감시

### ⑧ ATO 원칙(8) : 승하차 감시

- 플랫폼상의 승객 감시
- 승객 및 직원을 위한 통신설비와의 인터페이스를 제공
- 승객 감시시스템과의 인터페이스를 제공

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

○ 화물 운행의 경우, 다음의 기능이 다루어진다.

－적재 및 하차를 위한 ATO 열차의 정위치 정차

－열차 이동 중 적재 및 하차를 위한 외부시스템과의 인터페이스

### ⑨ ATO 원칙(9) : ATO 상태 및 고장

○ ATO 상태 감시

○ 성능저하 운행 관리

○ 특정 제어 구역 내에서 열차 운행에 영향을 미치는 모든 고장의 관리

○ 제어 구역 전체 내에서 특정 열차 운행에 영향을 미치는 고장의 관리

○ 서비스 장애 및 간섭의 관리

### ⑩ ATO 원칙(10) : 비상상황 감지 및 관리

○ 감지된 화재/연기에 대한 조치

○ 감지된 레일파손에 대한 조치

○ 승객 요청 관리

○ 기타 위험 상황

## (바) 열차자동운전을 위한 시스템 구성방안

### ① ETCS 기반 ATP/KTCS-2에 ATO 기능 추가 시 고려사항

○ ATP장치와 KTCS-2에 ATO 기능 구현을 위한 설계고려사항

－ETCS 기반 ATO 시스템 정의(Subset-125, 126 등)에 의한 설비구성 및 기능의 구현으로 유럽표준시스템과의 상호호환성 확보

－열차운행스케줄에 의한 ATO 운영을 위한 관제설비 개수와 차상장치 및 지상장치 설계

－열차번호, 역정보 등의 ATO 정보의 송/수신을 위한 통신망 구축

－철도전용통신망(LTE-R)을 통한 통신망 구축방안 제시

－철도전용통신망(LTE-R)을 통한 통신망 구축이 불가능할 경우 별도의 TWC(Train Wayside Communication)장치 구축방안 제시

－열차자동운전 승차감 및 정위치 정차를 위한 추진/제동 제어관련 설계

○ ATO 기능 구현 시 하드웨어 및 소프트웨어 고려사항

구 분	내 용
차상	H/W • 차상 ATO 모듈, 정위치정차용 센서 등의 추가
	S/W • 열차자동운전 제어 및 정위치정차 기능, 출입문 제어 기능 등의 추가
	I/F • 차량 추진/제동, TCMS, ATPU, DMI화면, 출입문 제어, 차/지상 간에 통신 (LTE-R 등)
지상	H/W • 지상 ATO, 정위치정차용 발리스, TWC용 발리스 등의 추가
	S/W • 열차자동운전을 운행스케줄, 열차번호 및 역 번호 전송기능 등의 추가
	I/F • 관제설비, 차/지상 간에 통신(RBC 및 LTE-R 인터페이스)

## ② ATP장치(ETCS Level 1) 열차자동운전(ATO) 구성방안

### ○ ATO 시스템 사양

– Subset-125 – System Requirement Specification 준용

- 기능적인 특성
- 요구되는 입력 및 출력조건
- 기관사와 장치 간에 인터페이스(Driver Machine Interface)
- ATO 운행상태
- ATO 시스템 구조

### ○ ATO 차/지상 인터페이스 사양

– Subset-126 – ATO-OB/ATO-TS Interface Specification 준용

- “ATO 패킷” 정의
- 어플리케이션 간의 통신원리(FIS 레벨)

### ○ ATO 차상장치와 ATP 차상장치 간에 인터페이스 사양

– Subset-130 – ATO-OB/ETCS-OB Interface Specification 준용

- ATP 차상 어플리케이션을 탑재한 ATO-OB(예 : 안전제동곡선)
- 열차 인터페이스가 가능한 ATO-OB
- DIM를 탑재한 ATO-OB
- "차상기록장치" 를 탑재한 ATO-OB
- ATO-TS를 탑재한 ATO-OB(Subset-126 참조)

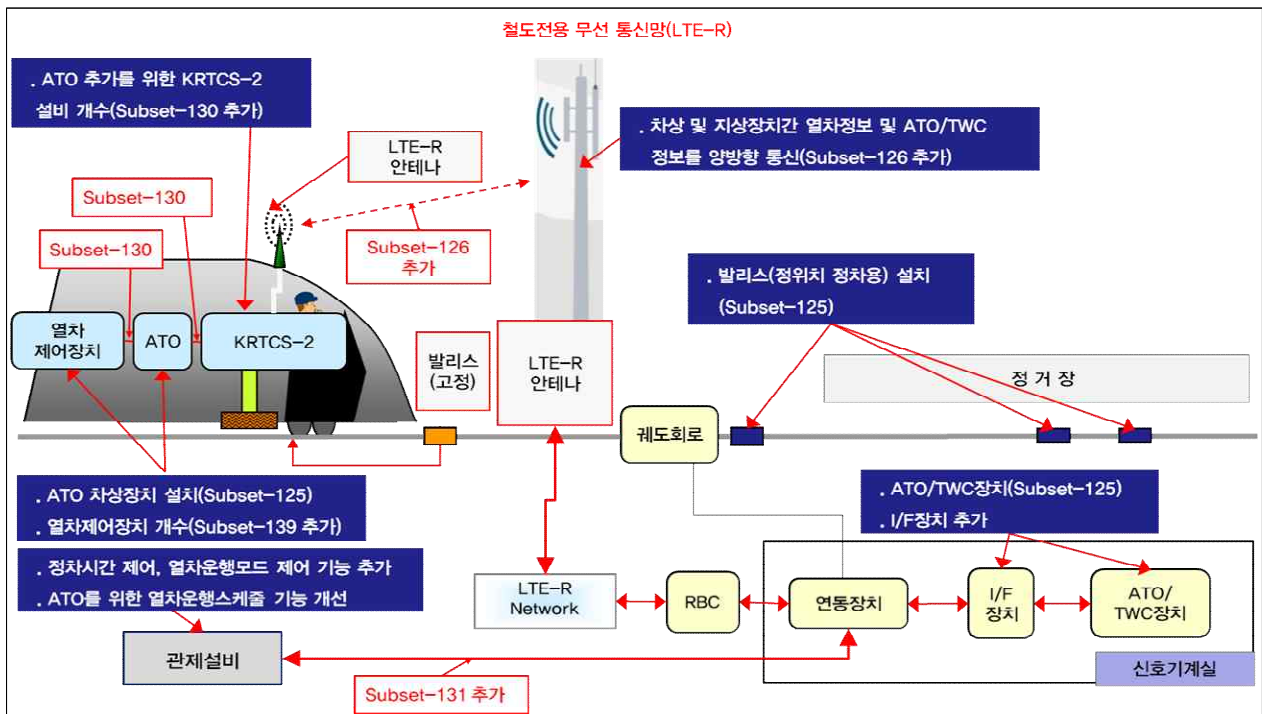
### ○ ATO지상장치와 관제설비 간에 인터페이스 사양

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

- Subset-130 - ATO-OB/ETCS-OB Interface Specification 준용
- ATO지상장치와 ATO지상장치 간에 인터페이스 사양
- Subset-132 : ATO-TS/ATO-TS Interface Specification(FIS) 준용
- 열차운행스케줄에 의한 ATO 운영을 위한 관제설비 개수
- 열차자동운전(ATO)과 관련하여 관제설비 기능에 열차운행스케줄 전송기능, 정차시간 제어, 열차운행모드제어 등의 기능을 추가하는 개수를 시행하도록 함
  - 열차번호, 역정보 등의 ATO 정보의 송/수신을 위한 통신망 구축
  - 관제설비, 차/지상 간에 통신을 위한 TWC용 발리스를 추가함
  - 열차자동운전 승차감 및 정위치 정차를 위한 추진/제동 제어관련 설계

### ③ KTCS-2 열차자동운전(ATO) 구성방안

- KTCS-2에 열차자동운전(ATO)을 위한 ATO 차상 및 지상장치의 설치와 차상 및 지상 간에 열차제어정보 전송(양방향 통신)을 위한 철도전용통신망(LTE-R)에 정보를 추가함
- 역 정차위치 거리정보 제공을 위한 발리스를 설치하고, 스크린도어와 인터페이스를 구축함

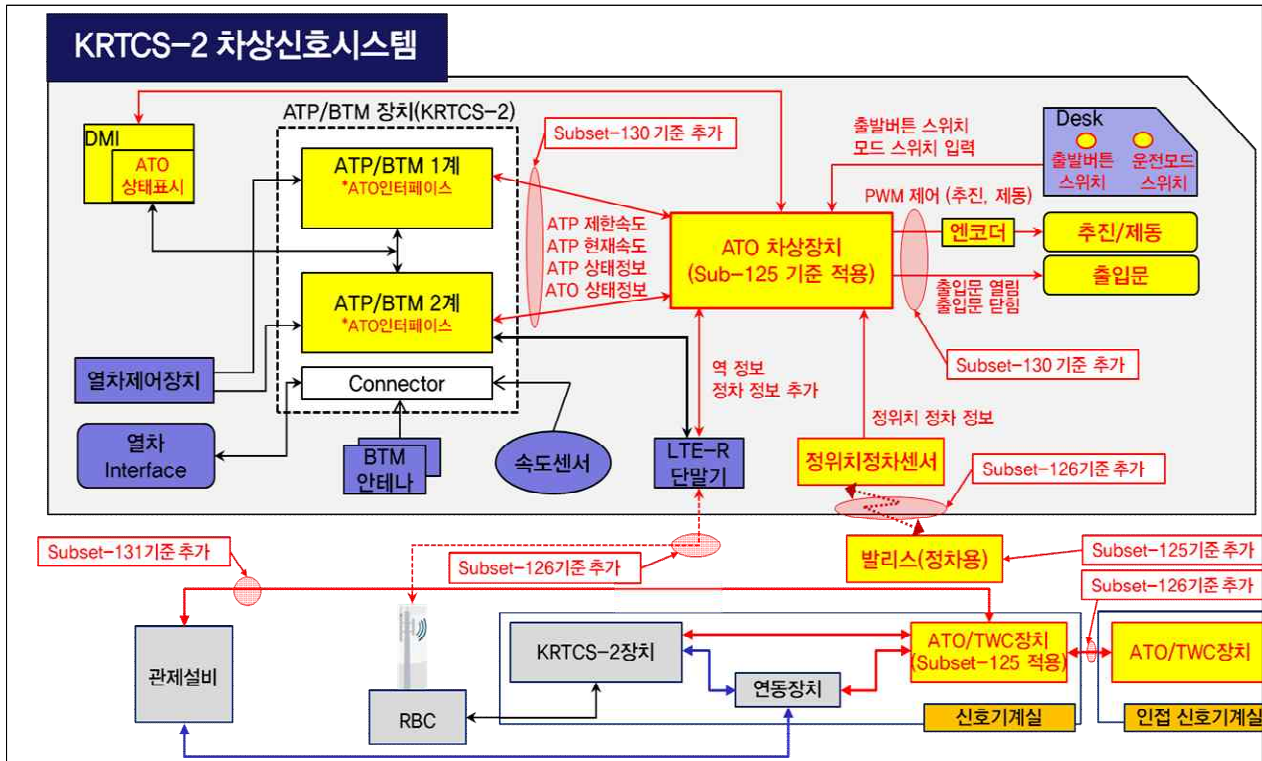


[그림 5-21] KTCS-2에 열차자동운전장치(ATO) 추가를 위한 구성방안

## ○ ATO 지상장치 추가방안

구분	설치 방안
ATO지상장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>Subset-125를 바탕으로 ATP지상장치 구성</li> <li>전자연동장치, 지상 KTCS-2장치에 정위치정차 정보 제공</li> <li>ATO 차상장치에 열차출입문 제어(도어 개/폐)를 위한 정보를 제공하고, PSD설치역인 경우 스크린도어(PSD)제어반에 PSD제어(도어 개/폐)를 위한 정보를 제공하도록 시스템 구성</li> </ul>
발리스(ATO마커)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ATO 차상장치에 정위치정차를 위한 위치정보 제공하도록 시스템 구축</li> </ul>
발리스(TWC장치)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ATO 차상장치와 지상장치간 인터페이스 수행하도록 시스템 구축</li> </ul>
정차표시등	<ul style="list-style-type: none"> <li>열차의 정위치정차 이후 열차정차시간 현시(표시)하도록 신호등 구성</li> </ul>

## ○ KTCS-2장치 차상장치 개량방안

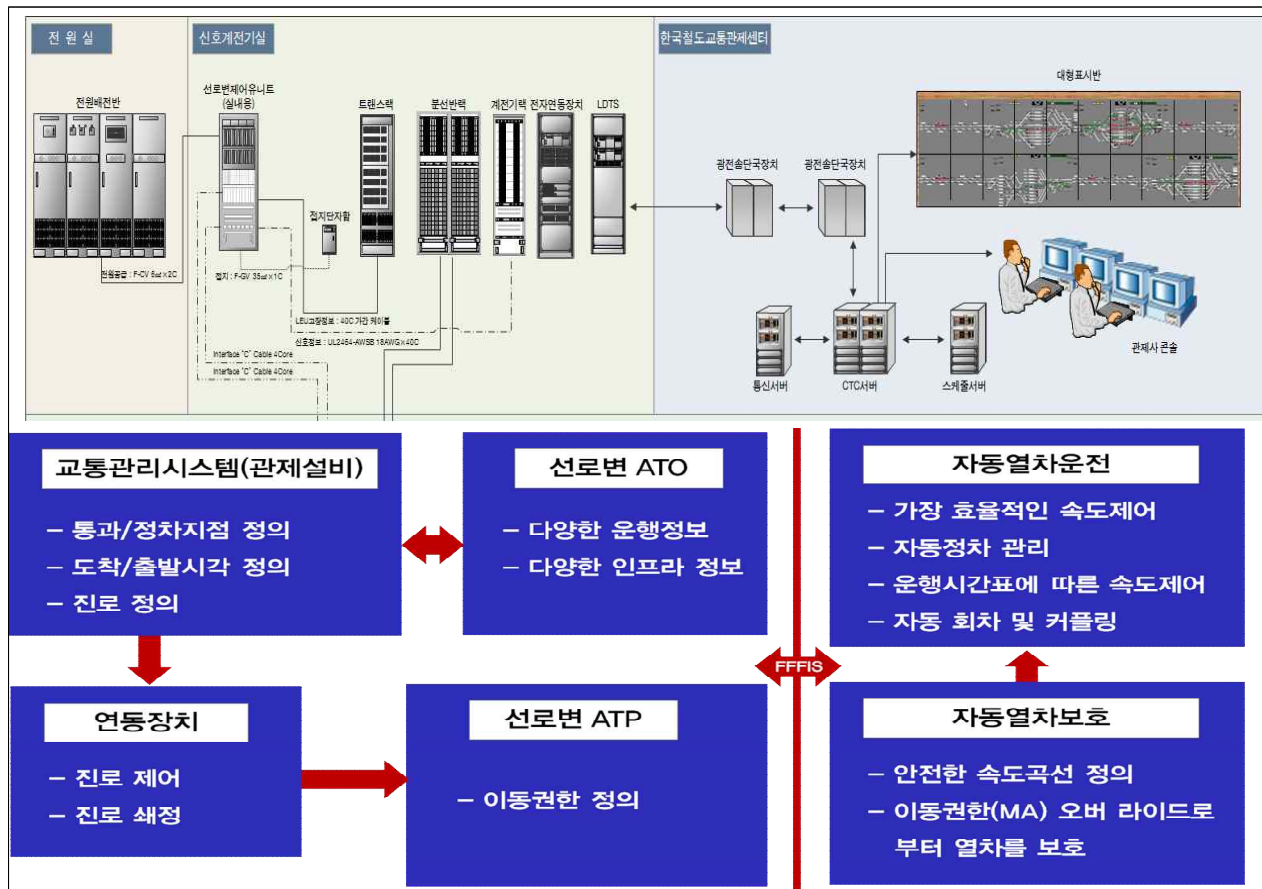


[그림 5-22] KTCS-2에 열차자동운전장치(ATO) 추가를 위한 구성방안

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

구분	개량 방안
ATO차상장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subset-125를 바탕으로 ATO차상장치 구성</li> <li>• KTCS-2 차상컴퓨터와의 속도정보와 ATO운행상태 정보를 위한 인터페이스 구성</li> <li>• 제동장치 인터페이스를 통해 열차자동운전(ATO) 제어</li> <li>• 열차출입문제어장치와 인터페이스를 하여 출입문 자동제어</li> <li>• 열차속도에 안전은 KTCS-2 차상컴퓨터에서 관리</li> </ul>
정위치정차센서	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 역의 정위치 정차를 위하여 배치된 발리스(정차용)에서 정차위치 거리정보를 인식하기위하여 설치</li> </ul>
LTE-R	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ATO 차상/지상장치간 인터페이스(역 정보, 정차정보 등)를 수행하도록 정보 추가</li> </ul>
ATO 스위치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 출발버튼 스위치, 운전모드 스위치 설치</li> </ul>
MMI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ATO 운행상태정보의 표시를 위하여 기존 MMI 개수</li> </ul>
자료기록시스템	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ATO 운행상태, 운행기록정보를 전송하기 위한 인터페이스 구성</li> </ul>

○ 열차자동운전장치(ATO)와 교통관리시스템(관제설비) 구성



[그림 3-31] 교통관리시스템 정보 흐름도

## (사) 자동화수준(GoA) 단계별 시스템 구성방안

[표 5-5] ATO장치의 자동화 수준(GoA) 단계

열차운영의 기본기능		TOS	NTO	STO	DTO	UTO
		GoA0	GoA1	GoA2	GoA3	GoA4
안전한 열차 이동보장	안전한 진로보장	×	S	S	S	S
	열차안전거리 유지	×	S	S	S	S
	안전속도 유지	×	×	S	S	S
차량운전	추진과 제동장치 제어	×	×	S	S	S
선로감시	지장물 충돌 방지	×	×	×	S	S
	트랙내 사람 충돌방지	×	×	×	S	S
승객이동 감시	차량출입문 제어	×	×	×	×	S
	승객 상해 방지	×	×	×	×	S
	출발 안전조건 확인	×	×	×	×	S
열차운행	운영개시 및 종료	×	×	×	×	S
	차량상태 감시	×	×	×	×	S

× : 운영자 책임, S : 시스템 구현

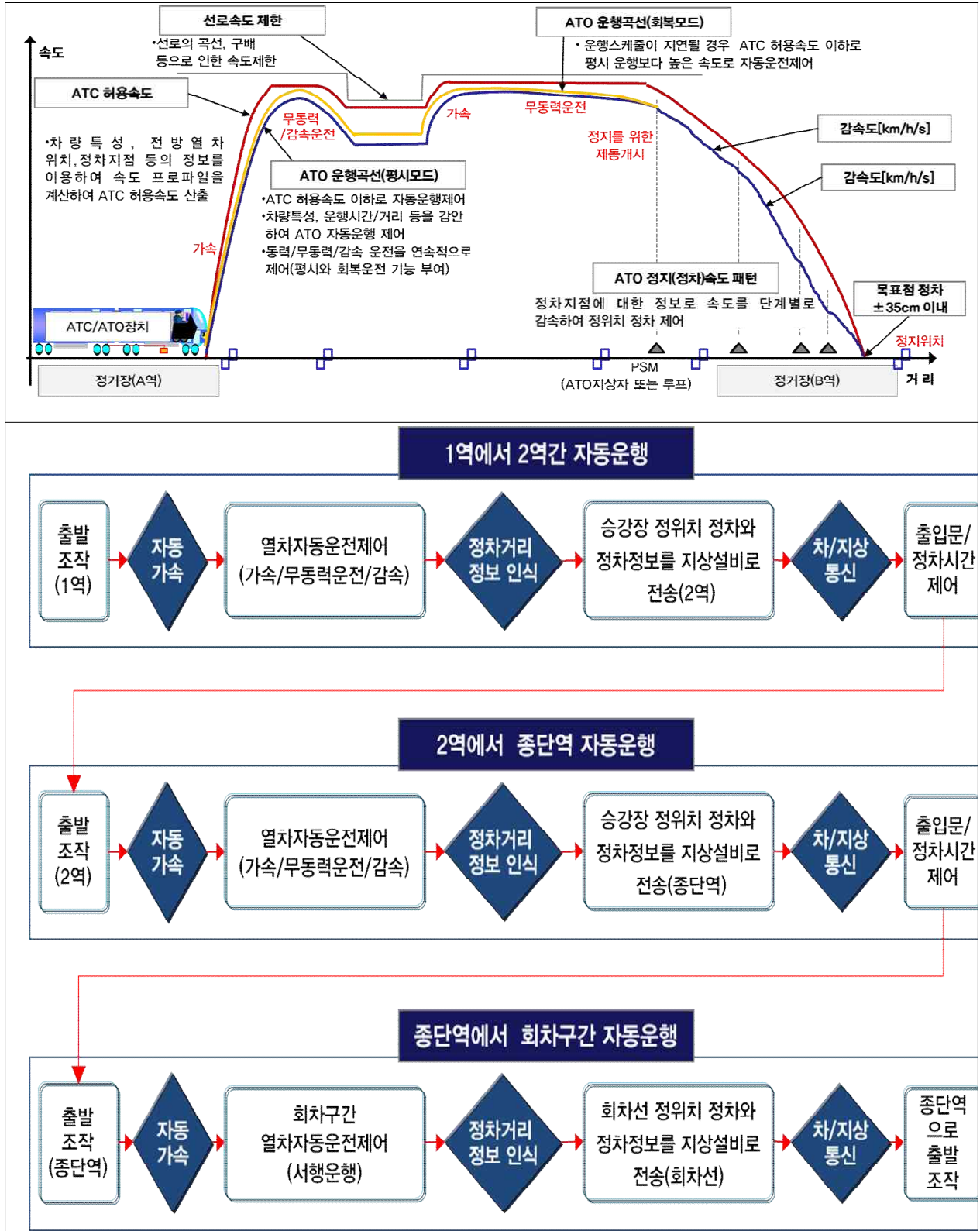
○ ATO장치의 자동화 수준에서 표현한 용어의 정의

구 분	설 명	비 고
TOS	• 완전 수동운전 (On Sight train Operation)	
NTO	• 비자동 유인운전 (Non-automated Train Operation)	
STO	• 준자동 유인운전 (Semi-automated Train Operation)	
DTO	• 완전 자동운전 (Driverless Train Operation)	
UTO	• 완전 전자동운전 (Unattended Train Operation)	
GoA	• 자동화 수준 (Grade of Automation)	

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

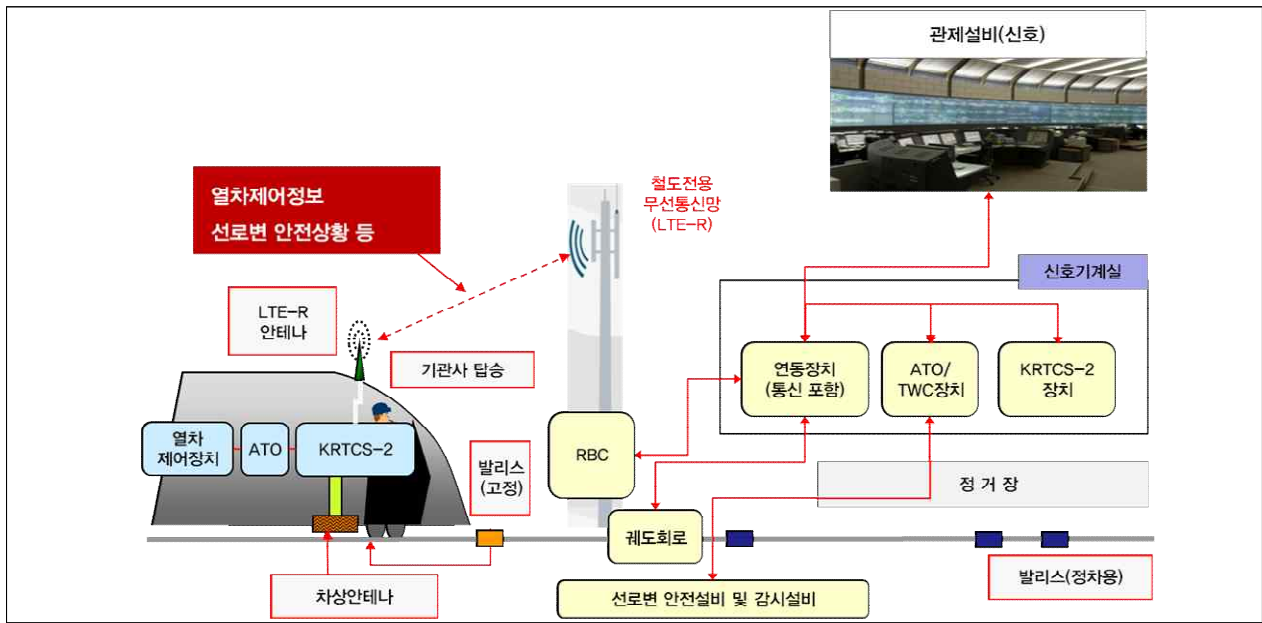
### ① 자동화수준 (GoA2)

#### ○ 열차운영 방식



[그림 5-29] 자동화수준 (GoA2)에서 열차운전 및 운행 절차

○ 시스템 구성



[그림 5-31] GoA2를 위한 열차제어시스템 구성방식(예시)

② 자동화수준 (GoA3)

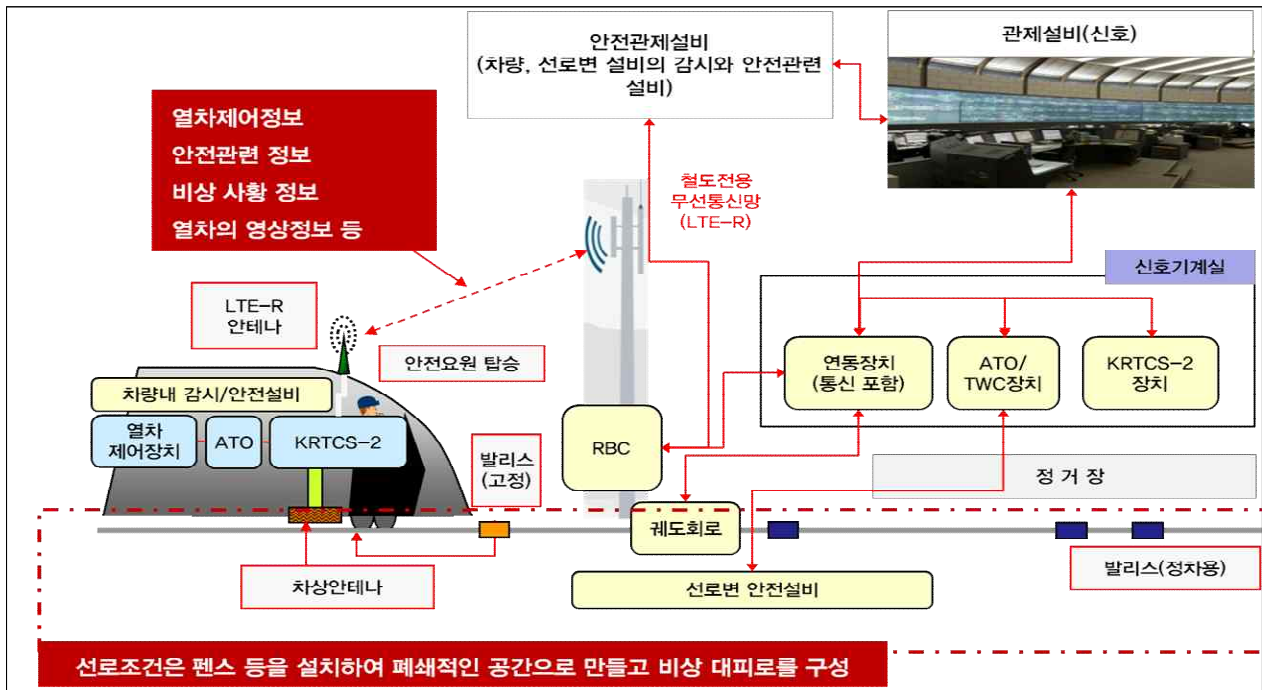
○ 열차운영 방식



[그림 5-32] 자동화수준 (GoA3)에서 열차운전 및 운행 절차

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

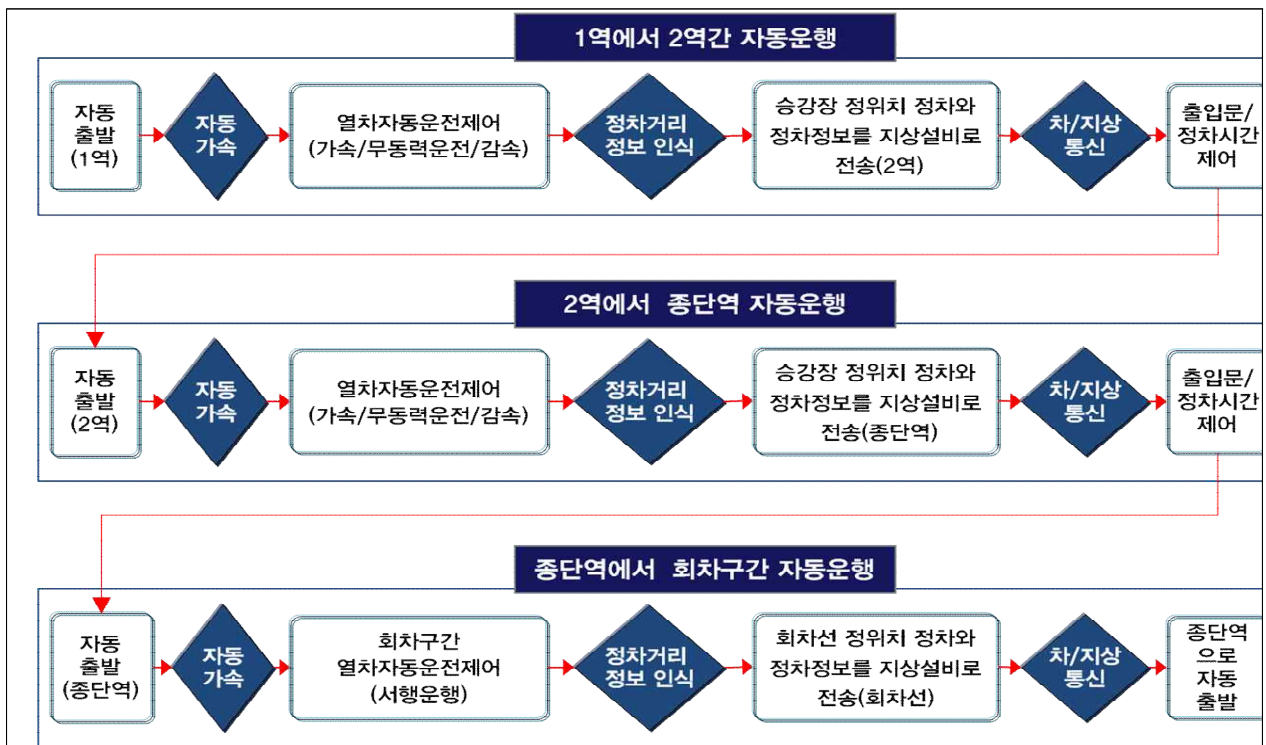
### ○ 시스템 구성



[그림 5-33] GoA3를 위한 열차제어시스템 구성방식(예시)

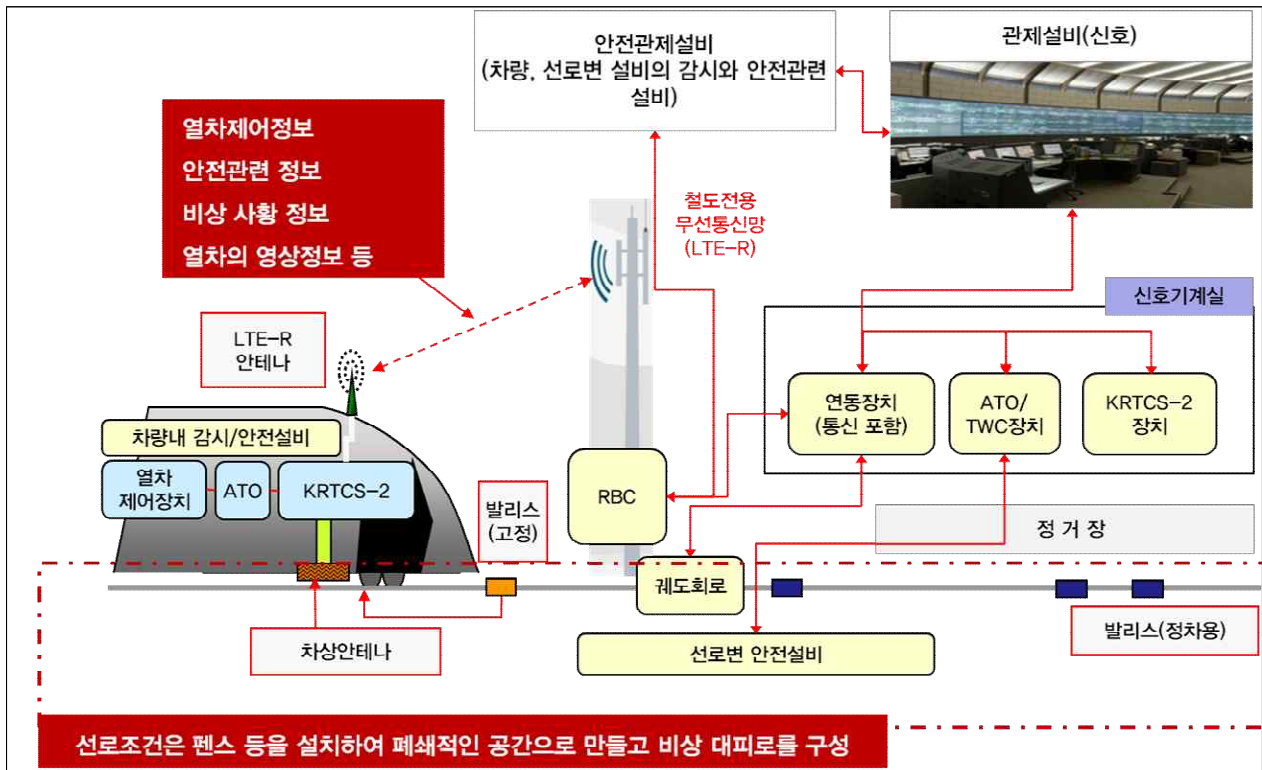
### ③ 자동화수준(GoA4)

#### ○ 열차운영 방식



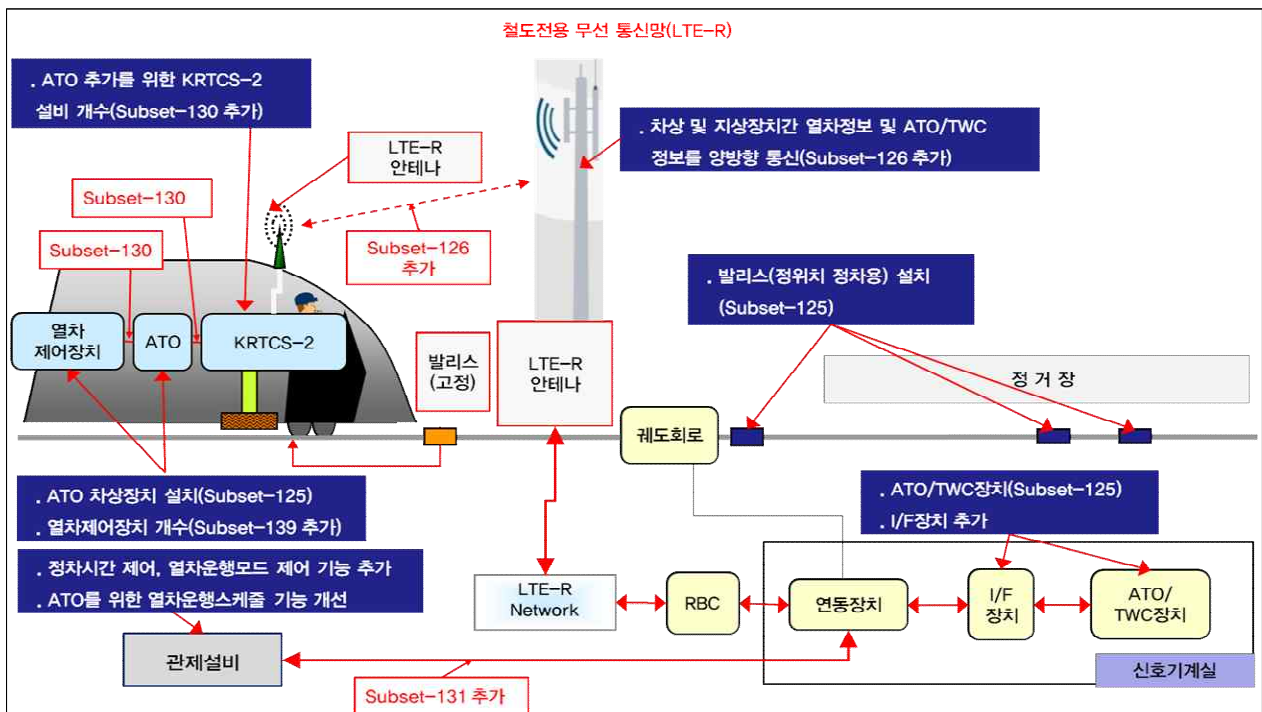
[그림 5-34] 자동화수준(GoA4)에서 열차운전 및 운행 절차

## ○ 시스템 구성



[그림 5-35] GoA4를 위한 열차제어시스템 구성방식(예시)

### (아) 고속철도 열차자동운전장치 구성방안

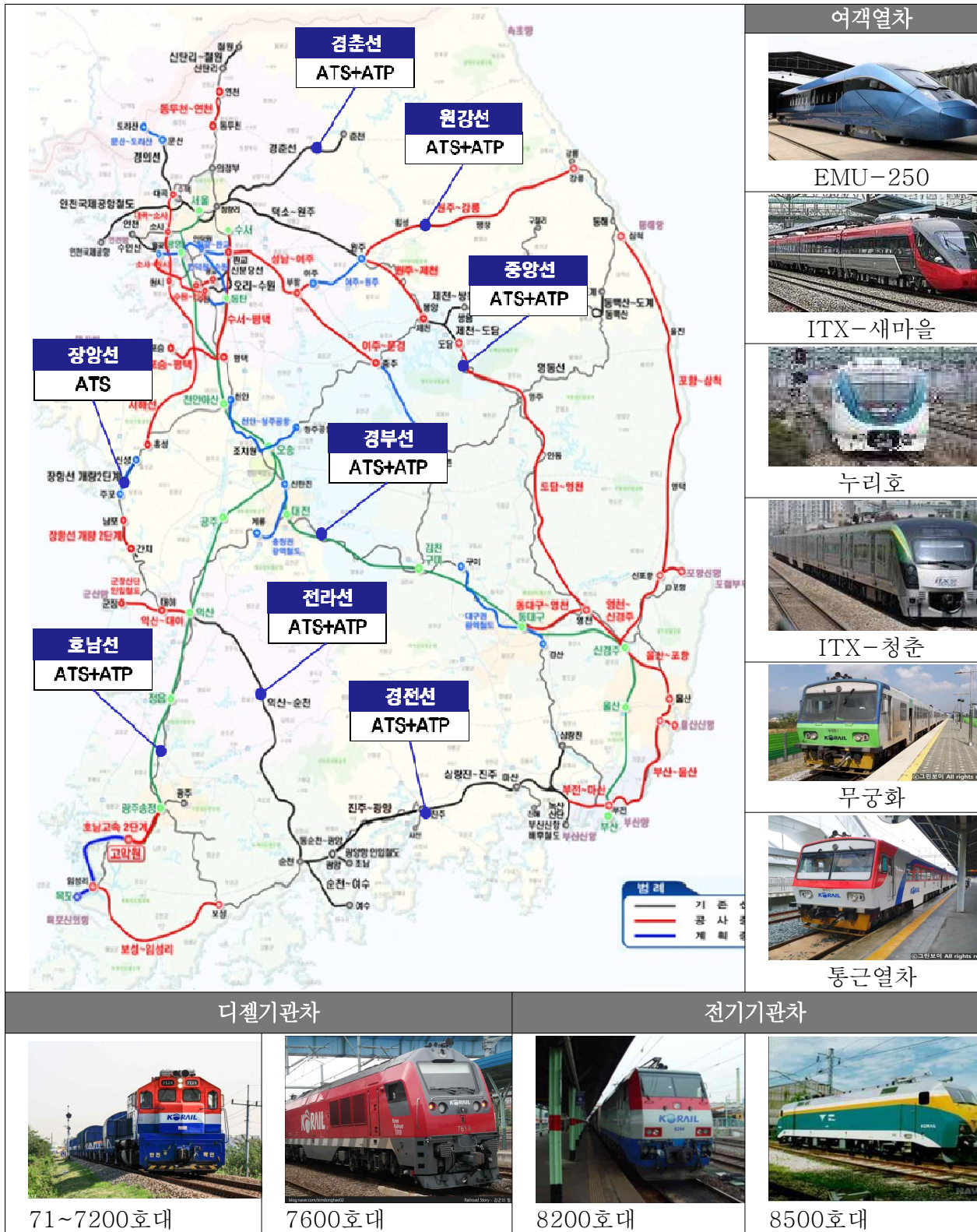


[그림 5-39] 고속철도 열차자동운전장치(ATO) 구성방안

# 제2장 국내외 동향 및 환경분석

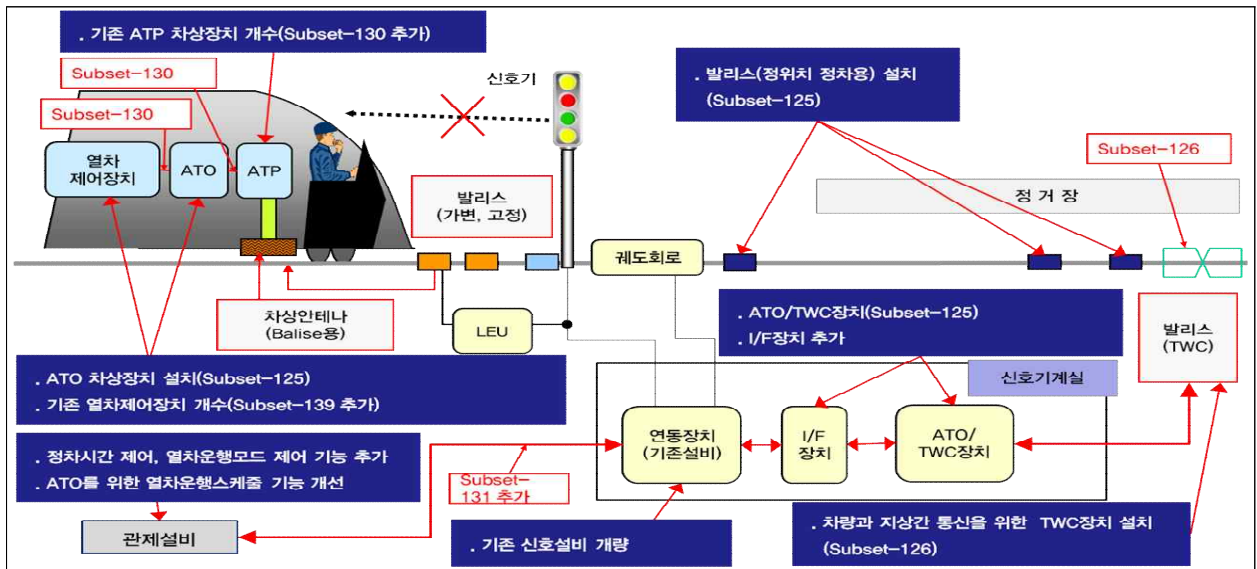
## (자) 일반철도 열차자동운전장치 구성방안

○ 일반철도 주요노선 현황과 운행열차



[그림 5-40] 국내 일반철도 주요노선 현황 및 운행열차

## ○ 일반철도 열차자동운전장치 구성방안



[그림 5-41] 일반철도 열차자동운전장치(ATC) 구성방안

## (차) 광역철도 구간 열차자동운전장치 구성방안

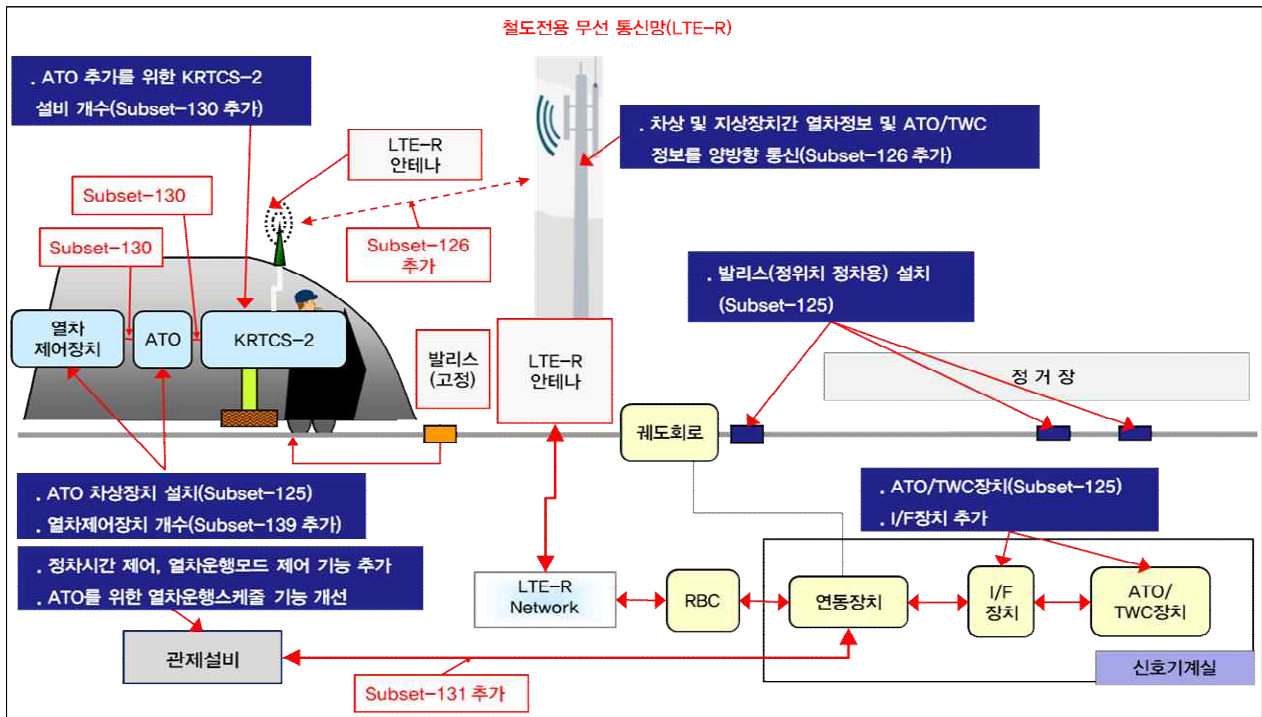
### ○ 광역철도의 노선 및 전동차 현황



[그림 5-42] 국내 광역철도(전동차운행구간) 및 전동차 현황

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

### ○ 열차자동운전장치 구성방안



[그림 5-43] 광역철도(지상 4현시 ATS장치)구간 열차자동운전장치(ATO) 구성방안

### (카) 혼용운영구간 열차자동운전장치 구성방안

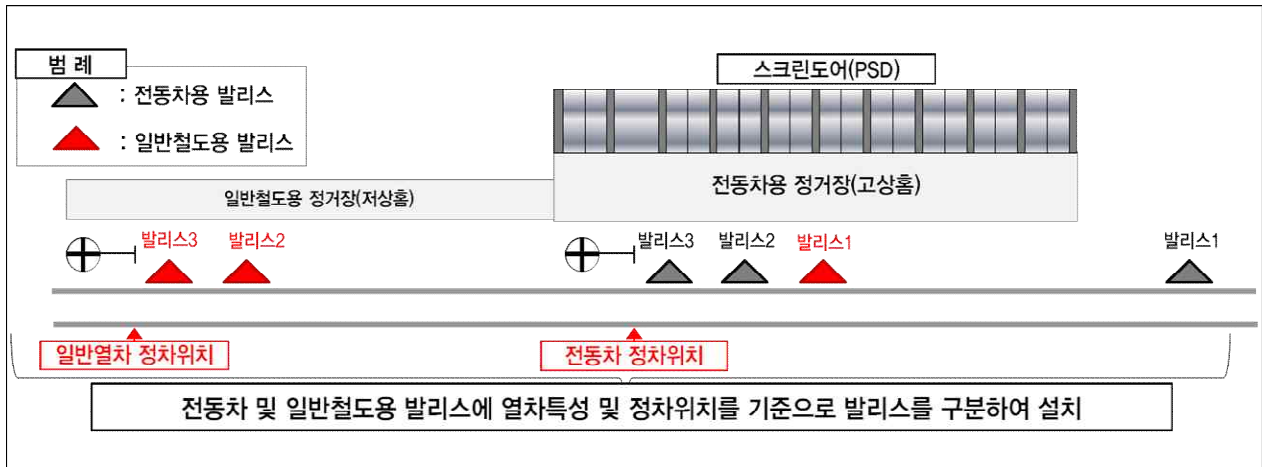
#### ①중점 검토항목 및 추진전략

구분	검토내용
열차특성	<ul style="list-style-type: none"> <li>차량별 길이, 제동특성에 따른 ATO 차상장치 구성방식과 정위치정차 운전패턴, 정차거리 및 정차지점 위치 검토</li> </ul>
정위치정차 지상설비 구성	<ul style="list-style-type: none"> <li>정거장 구조와 차량길이에 따른 정위치 기준 및 위치 검토</li> <li>다양한 차량에 탑재된 ATO 차상장치에 위치정보를 차량별로 제공할 수 있는 종합적인 ATO 지상설비 구성방식 검토</li> </ul>
정위치정차 허용범위확보	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시철도 정위치정차 허용범위는 <math>\pm 35\text{cm}</math>로 운영 중에 있으며, 다양한 차량의 특성과 철도환경 등을 고려하여 정위치정차 허용범위확보를 위한 ATO 요소를 종합적으로 검토</li> </ul>

### ○ 혼용구간 정위치 정차 검토

#### － 정위치 정착용 발리스의 배치

- 혼용운영구간에서는 전동차 및 일반철도 열차의 정차위치가 상이하게 때문에 정위치 정착용 발리스의 배치는 열차 종류별로 분리하여 설치하여야 함

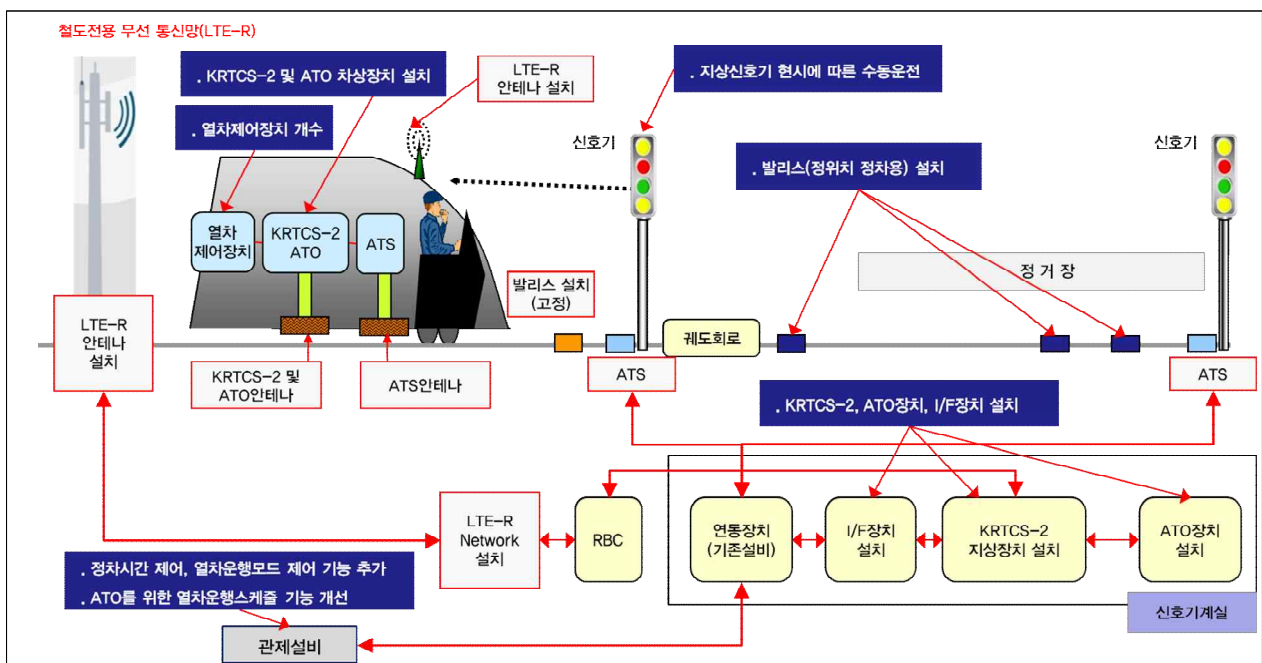


[그림 6-7] 혼용구간 정위치 정차용 발리스 배치방안

② 혼용구간 열차자동운전(ATO)장치 구축방안

○ 1단계

- 1단계는 지상신호설비(ATS장치)에 점차적으로 차상신호설비(KTCS-2+ATO장치)를 병렬로 구성하고, 열차의 경우도 개량이 가능한 차량을 선별하여 기존 차상 ATS 장치에 KTCS-2+ATO장치를 병렬로 설치하도록 하여 평시 운행에는 지상신호설비로 운행하고, 열차운전이 완료되는 야간에 차상신호설비(KTCS-2+ATO장치)에 시험/시운전을 시행하도록 함



[그림 6-8] 지상신호방식의 1단계 개량 및 운영방안

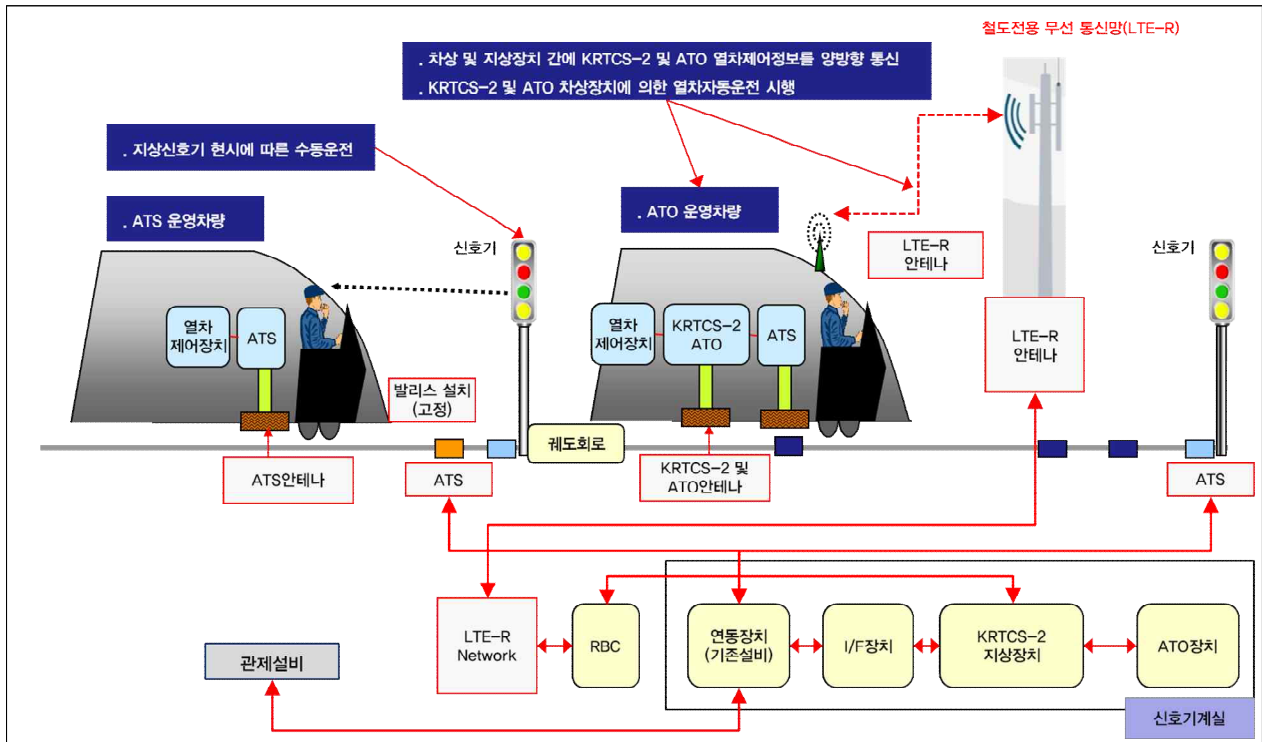
## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

- 차상신호설비(KTCS-2+ATO장치)를 구축하기 위한 설비구성과 기능은 다음과 같이 구축함

구분	설비구성 및 기능
KTCS-2 및 ATO 차상장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>KTCS-2 및 ATO지상장치 설치 후 기존 연동장치 등의 설비와의 절체를 위한 설비 구축</li> <li>기존 연동장치와의 인터페이스를 위한 인터페이스 설비 구축</li> </ul>
발리스(ATO 마커)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ATO 차상장치에 정위치정차를 위한 위치정보 제공하도록 시스템 구축</li> </ul>
TWC장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>ATO 차상장치와 지상장치간 인터페이스 수행하도록 시스템 구축</li> <li>별도의 설비구축 없이 철도무선통신망(LTE-R)을 통신기능 수행</li> </ul>
정차표시등	<ul style="list-style-type: none"> <li>열차의 정위치정차 이후 열차정차시간 현시(표시)하도록 정차표시등 구성</li> <li>정차시간 제어는 다양하게 시간을 설정할 수 있도록 시스템 구성</li> </ul>
철도무선통신망(LTE-R)	<ul style="list-style-type: none"> <li>차/지상간에 정보전송을 위한 철도무선통신망(LTE-R) 구축(통신에서 설치)</li> <li>신호에서는 열차제어전송에 대한 통신조건 및 기능에 대하여 인터페이스</li> </ul>

### ○ 2단계

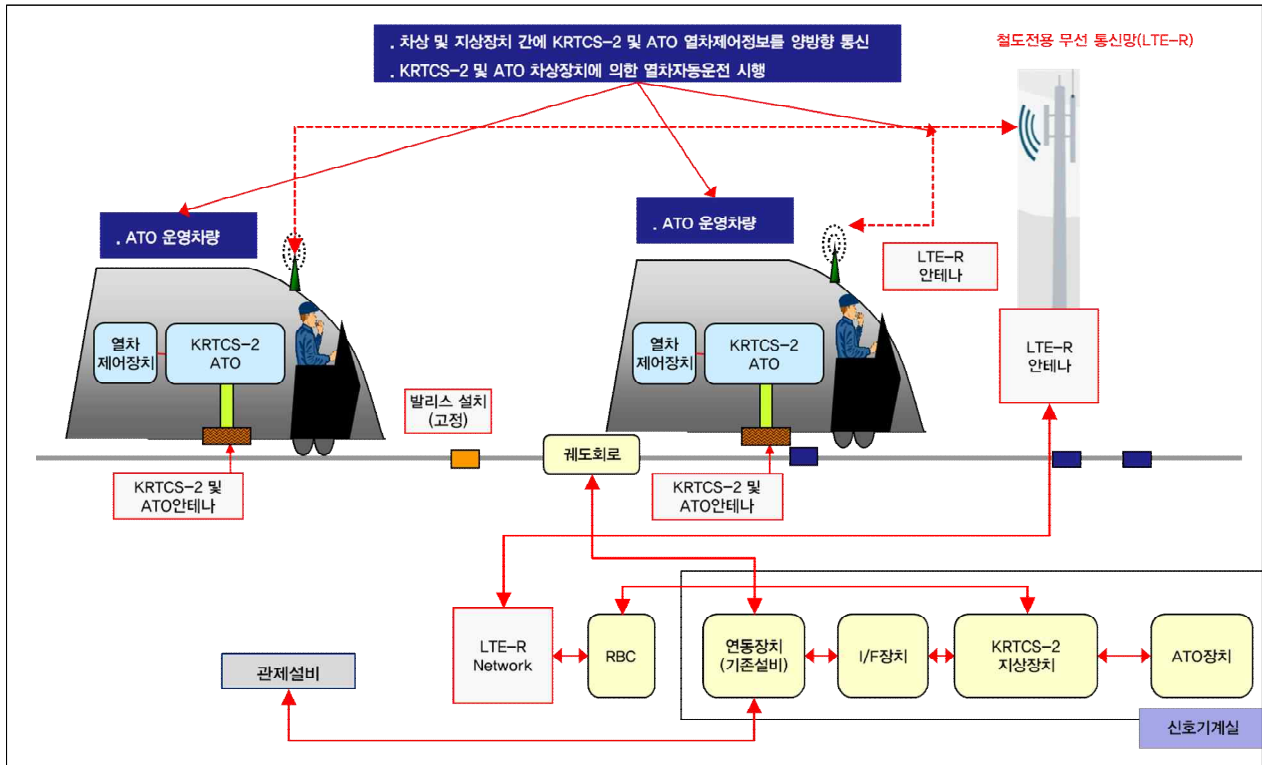
- 2단계는 지상신호설비(ATS장치)와 차상신호설비(KTCS-2+ATO장치)를 병렬로 구성하여 혼용으로 운영하는 단계로 KTCS-2+ATO장치로 개량된 열차와 ATS장치 장착열차를 혼용으로 운영하도록 함



[그림 6-9] 지상신호방식의 2단계 개량 및 운영방안

## ○ 3단계

- 3단계는 모든 열차에 차상신호설비(KTCS-2+ATO장치)가 장착됐을 경우를 고려하여 열차운행 방식이 차상신호설비(KTCS-2+ATO장치)에 의해 자동열차운행 되는 방식임



[그림 6-10] 지상신호방식의 3단계 개량 및 운영방안

## 나. 해외 연구개발 현황

### (1) ETCS 운영현황

○ 해외의 경우 무선통신기술을 열차제어기술에 적용한 새로운 열차제어시스템인 ETCS, ATACS(Advanced Train Administrations and Communication System), CTCS (Chinese Train Control System) 등을 개발하여 상용화하고 있으며, 최근 유럽은 철도산업의 경쟁력을 지속적으로 유지하고, 유럽철도시장규모를 확대하기 위한 Forster Rail, NGTC 및 Shift2Rail을 추진하고 있음

- FOSTER-RAIL프로젝트는 유럽철도의 연구개발 및 혁신을 위한 로드맵(~2050)을 작성하는 것으로 10개 분야로 구성(인프라, 차량, 신호·통신·제어, 안전·보안, 교육 등)

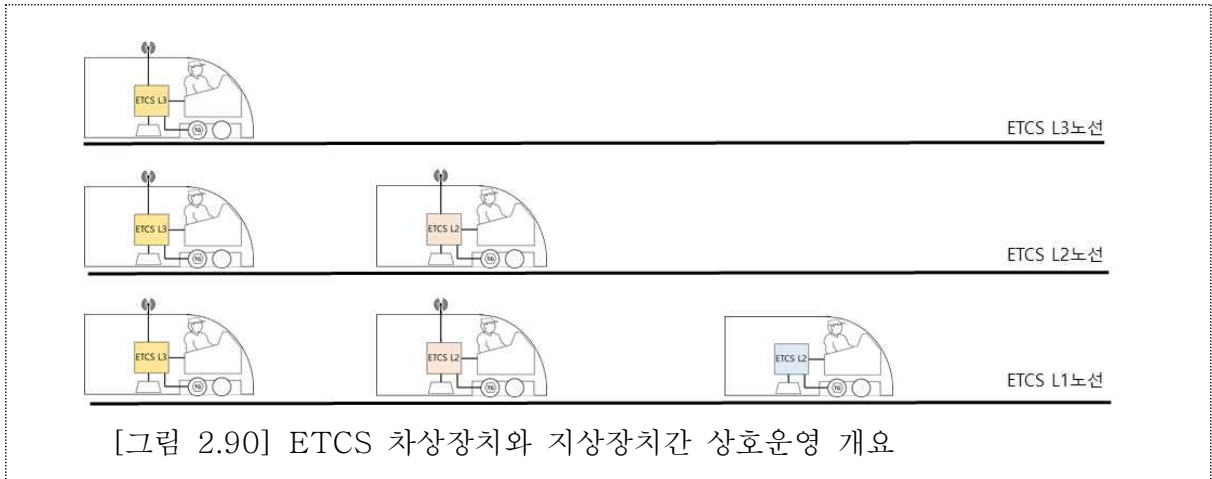
- NGTC는 철도신호시장 확대 및 경쟁력 강화를 위해 도시·일반·고속철도에서 사용이 가능한 무선방식의 신호시스템 연구개발 시행하였음

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

- Shift2Rail은 연구개발실행 프로그램으로 신호통신 분야는 서비스 향상/비용절감/상호운용성 향상/인증절차 간소화를 목적으로 11개 기술을 선정하여 개발 추진(~ '50, 약 2억 유로(약 2,451 억원))하고 있음

○ 열차제어시스템의 상호운용성을 확보하기 위해서 시스템을 3단계로 구분하고 있음

- ETCS는 다음 그림과 같이 상위레벨의 차상장치가 설치된 열차는 하위레벨의 신호설비가 구축된 노선을 주행할 수 있도록 하여 상호운용성을 지원하고 있으며, 이에 필요한 ETCS 장치도 일관성을 갖고 있음

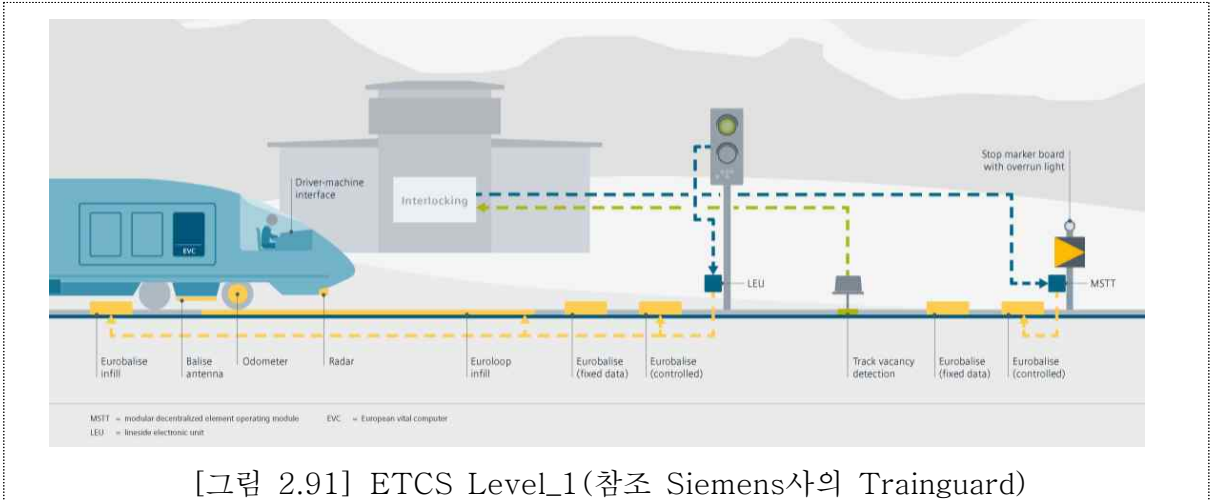


[표 2.13] ETCS Level 별 구성 장치

구분	궤도회로 (열차검지)	신호기	LEU	데이터전용장치			RBC (지상제어장치)	열차분리 검지장치
				발리스	인필	무선장치		
ETCS L1	○	○	○	○	○	×	×	×
ETCS L2	○	×	×	○	×	○	○	×
ETCS L3	×	×	×	○	×	○	○	○

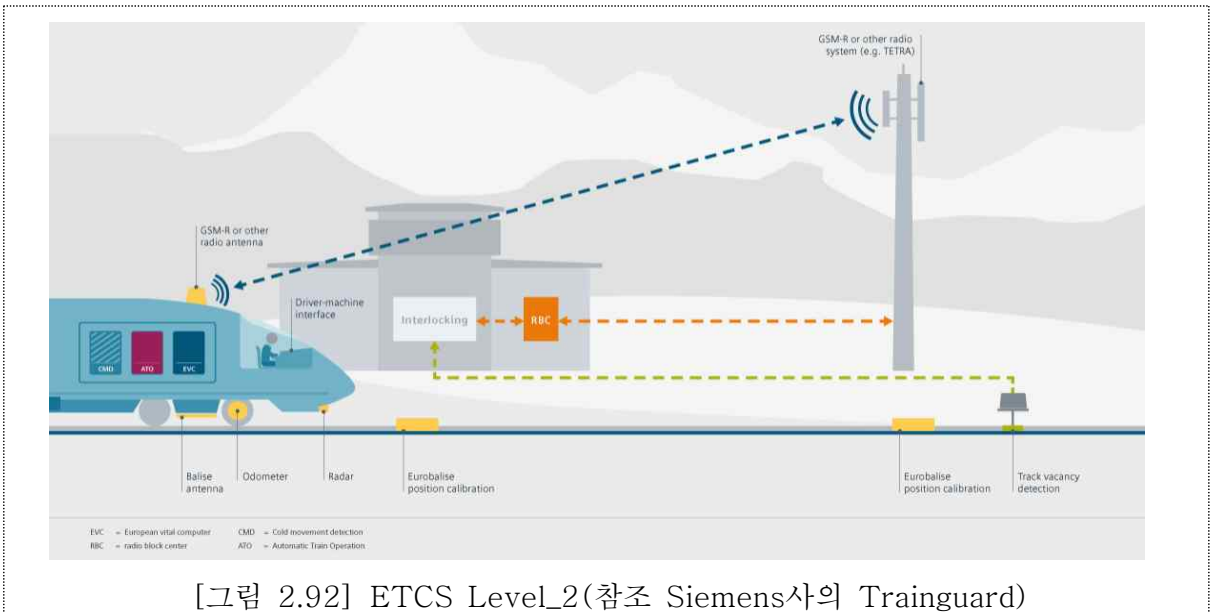
- ETCS level 1

- 열차에 대한 정보전송과 위치검지를 위한 Balise (Euro-Balise) 설치
- 열차속도프로파일을 이용하여 열차속도를 연속적으로 감시
- 차상신호(cab signaling : 운전자에 의한 신호현시 확인/준수 필요)
- 궤도회로(trackt circuit)를 이용하여 열차의 선로점유 및 열차 끊어짐(train integrity) 확인
- 고정폐색을 적용용하여 열차간 안전간격 확보
- Euro-loop나 통신장비를 추가로 설치하여 해당 balise에 열차가 도착하기 전에 신



[그림 2.91] ETCS Level\_1(참조 Siemens사의 Trainguard)  
호현시 변화정보를 전송받음(추가사항)

## - ETCS level 2



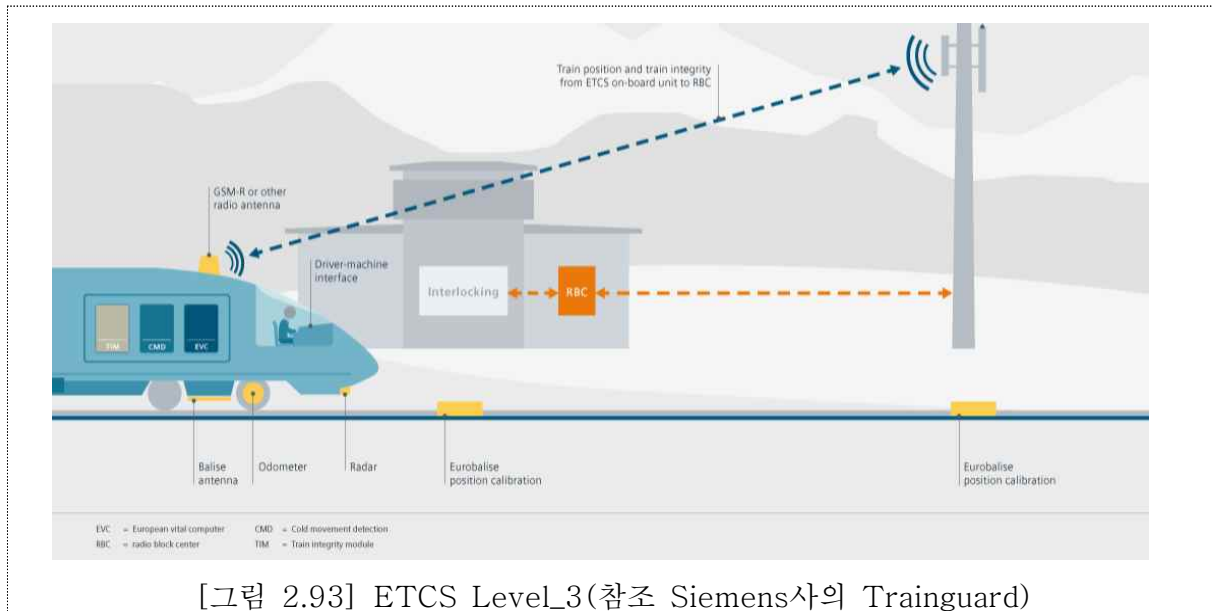
[그림 2.92] ETCS Level\_2(참조 Siemens사의 Trainguard)

- GSM-R을 이용하여 열차와 중앙사령실(RBC: Radio Block Center)사이에 양방향 정보전송
- 열차위치확인(또는 열차위치 보정)목적으로 balise 사용
- 연속적으로 열차의 안전속도(제한속도)를 감시함.
- 차상신호(cab signaling)
- 궤도회로(track circuit) 또는 엑슬카운터 등을 이용하여 열차의 선로점유 및 열차 끊어짐(train integrity) 확인
- 고정폐색을 적용하여 열차간 안전간격 확보

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

### – ETCS level 3

- Level 3은 Level 2에 대해서 다음과 같은 차이점이 있음



[그림 2.93] ETCS Level\_3(참조 Siemens사의 Trainguard)

- 차상신호장치의 열차위치정보 및 열차분리정보(train integrity)를 토대로 선로점유 상태 파악(열차는 내장된 train integrity감시장치를 이용할 수 있어야 함)
  - 중앙사령실(RBC)에서 열차안전간격 보장(고정 블록, 가상 블록, Moving Block)
  - ETCS의 차상장치를 장착한 열차만이 Level 3 선로에서 운행될 수 있음
- 「1999년에 불가리아의 Sofia~Burgas(42km)구간에 ETCS L1을 공급계약을 체결한 후 ETCS는 유럽을 중심으로 도입되고 있으며, 아시아는 중국이 ETCS도입을 활발하게 추진하고 있음

– 현재까지 ETCS를 운영중이거나 계약이 완료된 프로젝트(차상장치 공급계약 제외)는 193건이며, ETCS L2가 시장을 주도하는 것으로 분석됨

구분	아프리카	미주	아시아	유럽	계
ETCS L1	17	3	22	34	76
ETCS L1/2	6	—	5	25	36
ETCS L2	3	1	24	53	81
ETCS L3	—	—	—	—	—
계	26	4	51	112	193

－ 노선길이 : 총 84,394km

	아프리카	미주	아시아	유럽	계
ETCS L1	3,392	468	7,838	20,683	32,381
ETCS L1/2	2,378	－	1,601	5,809	9,788
ETCS L2	1,458	154	23,430	17183	42,225
ETCS L3	－	－	－	－	－
계	7,228	622	32,869	43,675	84,394

## (2) 중국의 CTCS 운영현황

○ GSM을 도입한 중국은 자국 내의 철도망에 대한 검토와 분석을 통해 중국열차제어시스템CTCS(Chinese Train Control System) 체계를 구축하고, 각각의 적용 대상 기술에 따라 Level 0, Level 1, Level 2, Level 3, Level 4로 분류하여 규정화하였음

－ 중국 철도망의 분석은 네트워크화, 정보화, 지능화, 표준화, 안전설계 및 평가, 종합 시험 및 시운전을 대상으로 수행되었음

- (네트워크화) 운영자는 관할 구역내의 각종 상황을 전체적으로 파악하고 시스템 자원을 유연하게 배치함으로써 열차 운영을 안전하고 효율적으로 실행할 수 있도록 함
- (정보화) 철도망에 있어서 정확하게 정보전송을 구현해야만, 고속으로 운행하는 열차의 안전이 보장됨에 따라, 철도신호시스템은 광통신, 위성통신, 무선통신 등의 다양한 통신 기술을 이용하여야 함
- (지능화) 시스템 지능화는 상층 관리 부문이 철도시스템을 실제 상황에 근거하여 지능적으로 통제하도록 하며, 제어시스템의 지능화는 운영자에게 필요로 하는 정보를 정확하고 빠르게 인지하도록 하여 운영자의 명령에 따라 열차 운영을 지시하고 제어함
- (표준화) 통일된 표준을 제정, 사용하고 양호한 설비의 상호 운용에 대한 가능성을 실현하고 상호운영성을 만족하게 함
- (안전설계 및 평가) 관련된 안전 표준에 따라 설계함으로써 신호설비의 안전을 향상시키며 동시에 시스템의 생명주기에 따라서 설계를 규정화함으로써 설비 원가를 감소함은 물론, 특히 안전 평가 이론의 구축과 보급은 고속철도 운행제어시스템의 신뢰도 및 안전성을 정량 평가하는데 중요한 수단으로 작용함
- (종합시험, 조정 및 시운전) 열차제어시스템이 매우 복잡한 종합시스템으로 구성됨에 따라 개통 전에 엄격한 종합시험, 조정 및 시운전을 실시하여야 함

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

- (CTCS level\_0 & level\_1) 기존의 일반적으로 사용하는 열차신호와 열차운행제어장치를 가지고 열차 운행을 하는 노선의 신호시스템
  - 불연속 제어를 통해 과속보호기능이 없는 노선은 CTCS Level 0, 연속제어를 통해 과속 보호가 가능한 노선은 CTCS Level 1로 분류함
  - CTCS Level 0은 열차 제어의 기본 모드로, 120km/h 이하에만 적용하며, 지상신호가 설치되어 있는 노선으로 주어진 반면, CTCS Level 1은 120~160km에 적용
  - 차상ATP에 의해 작동되고, 선로에는 발리스가 설치되어 있음

[표 2.19] CTCS와 ETCS Level의 비교

CTCS		ETCS	
Level	구성	Level	구성
Level 0	궤도회로(열차검지) + 지상신호	Level 0	궤도회로 또는 차축계수기(열차검지) + 차상신호(또는 지상신호)
Level 1	기존 궤도회로 + 차상 신호		
Level 2	궤도회로(열차운행정보전송) + 발리스(선로변 정보)	Level 1	궤도회로 또는 차축계수기(열차검지) + 발리스(열차운행정보 및 선로변 정보)
Level 3	궤도회로(열차검지) + 발리스(선로변 정보) + GSM-R(열차이동권한)	Level 2	궤도회로 또는 차축계수기(열차검지) + 발리스(열차운행정보 및 선로변 정보) + GSM-R(열차이동권한)
Level 4	발리스(선로변 정보) + GSM-R + 이동폐색	Level 3	발리스(선로변 정보) + GSM-R + 이동폐색

- (CTCS Level 2)ETCS level 1과 같은 방식으로 궤도회로가 열차 검지를 실현하며, 열차 운행에 연관된 정보의 전송은 발리스를 이용함
  - 고정 발리스는 주로 선로변 환경에 연관된 불변의 정보를 입력하여 차량의 운행시 관련 구간에 대한 감속 또는 주의 정보 등을 전송함
  - 가변 발리스 대신에 지상에서 차상으로의 열차 운행 정보 전송이 가능한 디지털 궤도회로 또는 다중 정보 전송이 가능한 아날로그 궤도회로를 사용하여 열차 운행 속도 제어에 필요한 명령을 지상에서 차상으로 연속적으로 정보를 전송함
  - 160km/h 이상으로 열차운행을 감시
- (CTCS Level 3) ETCS level 2와 같은 방식으로 궤도회로에 근거하여 열차 점유/완전성 검사를 실현하고 발리스가 열차정위 정보를 제공하며, GSM-R 네트워크를 통하여 열차 운행허가를 전송하고 목표거리 모드를 채용하여 열차의 안전운행을 감시하고 제어함

## KTCS-3 후속연구 기획보고서

- 최고운행속도 300~350km/h.
  - 최소운전간격 3min
  - (CTCS Level 4) ETCS Level 3와 동일한 특성을 갖고 있으며, 완전한 무선정보 전송에 근거한 열차운행제어시스템으로, 선로 궤도회로를 사용하지 않을 수 있으며, RBC와 차상장치가 공동으로 열차위치 추적 및 무결성 검사를 완성함으로써 가상 폐색 또는 이동폐색 원리를 적용할 수 있는 시스템
- 중국은 현재까지 CTCS 구축을 위해서 22개의 프로젝트를 추진하고 있으며, 대부분 CTCS Level 3(ETCS Level2와 동일)를 구축하고 있음
- 중국 철도신호시스템 공급사인 CRSCD 또는 CRCS 독자로 진행되는 프로젝트는 없으며, 해외업체와 공동으로 진행하고 있음

[표 2.14] 중국내 CTCS 구축현황

사업명	공급사	ERTMS Level	선로길이 (km)
Beijing - Shanghai	Alstom/Bombardier/CRS CD	Level 2	2636
Beijing - Tianjin	Siemens	Level 1	234
Beijing-Shijiazhuang	Alstom/Bombardier/CRS CD	Level 2	938
Changsha-Huaihua	Bombardier/CRCS	Level 2	600
Chengdu -Chongqing	Bombardier/CRSCD	Level 2	618
Guangzhou - Shengzhen - Hong Kong	Hitachi/Hollysis	Level 2	200
Hangzhou - Changsha	Bombardier/CRCS	Level 2	1866
Hangzhou - Ningbo	Bombardier/CRSCD	Level 2	300
Hangzhou-Nanchang	Bombardier/CRCS	Level 2	1182
Harbin - Dalian	Alstom/Bombardier/CRS CD	Level 2	1842
Hefei - Bengbu	Bombardier/CRCS	Level 2	264
Huaihua-Kunming	Bombardier/CRSCD	Level 2	1734
Nanjing - Hangzhou	Bombardier/CRCS	Level 2	498
Panjin - Yingkou	Bombardier/CRCS	Level 2	180
Shanghai - Hangzhou	Alstom/Bombardier/CRS CD	Level 2	404
Shanghai - Nanjing	Alstom/Bombardier/CRS CD	Level 2	602
Shijiazhuang-Wuhan	Alstom/Bombardier/CRS CD	Level 2	1520

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

Tianjin-Qinhuangdao	Bombardier	Level 2	574
Tianjin-Tanggu	Bombardier/CRSCD	Level 2	80
Wuhan - New Guangzhou	Alstom/Bombardier/CRS CD	Level 2	2138
Xi'an-Baoji	Ansaldo STS/Hollysis	Level 2	360
Zhengzhou - Xi'an	Ansaldo STS/Hollysis	Level 2	916

### (3) ETCS Level 3 개발 및 운영현황

- (특징)ETCS Level 3는 ETCS Level 2와 달리 열차를 검지하는 궤도회로를 사용하지 않고, 무선통신(GSM-R)을 사용하여 수송용량 향상, 비용절감, 효율성 향상, 신뢰성 향상 등이 기대됨
- (개발현황-시범사업)ETCS Level 3는 현재까지 스웨덴, 카자흐스탄, 잠비아에 구축되어 시범운영되고 있으나, 열차운행편성이 적은 노선이고, 시범운영을 통해서 많은 개선과 개발이 요구되고 있음
  - 현재까지 스웨덴의 West Dalarna 노선(Malung~Borlange, 143km, 단선), 카자흐스탄의 Uzen-Bolashak노선(146km), Korgas-Zhetygen노선(293km), 잠비아 Chingola-Livingstone line(980km)이 확인되었음
  - 위 사업에서 시스템 공급사는 BT(Bombardier Transport)에서 공급하고 있으나, 이 동폐색제어, 열차분리검지기능 등 주요기능을 적용하지 않고 있어서 많은 논란이 있기 때문에 저비용 시스템인 ETCS Regional로 부르고 있음
- (개발현황-구축기술개발) 네덜란드의 ProRail사와 영국의 NetworkRail이 ETCS Level 3의 구성품에 대한 시험\*을 실시하였으며, ETCS Level 3를 효율적으로 구축하기 위한 MOU(2016) 체결
  - \* 네덜란드의 Lelystad(2013), 영국의 국립 ERTMS종합시험시설(2014)
- (상용화를 위한 제한사항)ETCS Level 3를 상용화하기 위해서는 열차분리검지기능과 열차위치정보의 신뢰성검증을 요구하고 있음
  - 열차분리검지기능은 운행중인 열차의 끊어짐을 검지하여 다른 열차가 접근하는 것을 금지하여 열차충돌사고를 방지하는 것으로서 상용화에 반드시 요구되는 기술임
    - 고속여객열차, 일반여객열차, 일반화물열차, 장대화물열차 등에 모두 적용하는데 있어서 신뢰성과 운영가능성 등이 검증된 기술이 없음(열차에 Train Integrity장치 설치)
  - 정차중인 열차의 전원을 차단하거나, 지상에 있는 열차제어장치(RBC)를 재기동할 경

우에도 열차위치를 실시간으로 확인할 수 있는 검증된 운영절차를 확보하여야 함

- 무선통신망의 장애가 발생할 경우, 열차제어시스템이 열차운행의 안전성을 보장할 수 있기 때문에 열차운행지연 등을 초래할 뿐 심각한 철도사고는 발생하지 않음
- 열차를 조성하기 위해서 입환구역에 있는 열차의 전원을 차단하고 열차를 분리하는 작업을 수행하면 관제실의 열차제어장치가 열차위치를 확인할 수 없고, 입환구역에 접근하는 열차와 충돌하는 사고가 발생할 수 있음

○ (ETCS Level 3 적용단계)ETCS Level 3를 적용하는데 필요한 제한사항을 해소할 때까지 ETCS Level 3 적용하는 단계를 4단계로 구분하여 사업전략을 마련함

－ (1단계 : Level 3 Overlay)ETCS가 장착된 열차와 미장착된 열차가 혼용되어 운영되는 경우

- 기존선을 대상으로 하며, 혼합열차운행을 위해서 열차운전규칙을 새로이 마련해야 함
- ETCS 장착된 열차가 열차분리검증기능, 입환구역 등에서의 열차위치검지기능을 요구하지 않음

－ (2단계 : Level 3 Hybrid)모든 열차가 ETCS를 장착했으며, 선로변에 설치되어 있는 열차검지장치의 열차검지정보를 활용함

- 기존선을 대상으로 하며, 유럽의 시범사업인 ETCS Regional에 적용되고 있는 것으로 예상됨
- 영국의 Network Rail과 네덜란드의 ProRail에서 적용할 방식임
- 지상에 설치되어 있는 열차검지장치의 정보를 사용할 수 있어 열차분리검증기능, 입환구역에서의 열차검지기능을 요구하지 않음

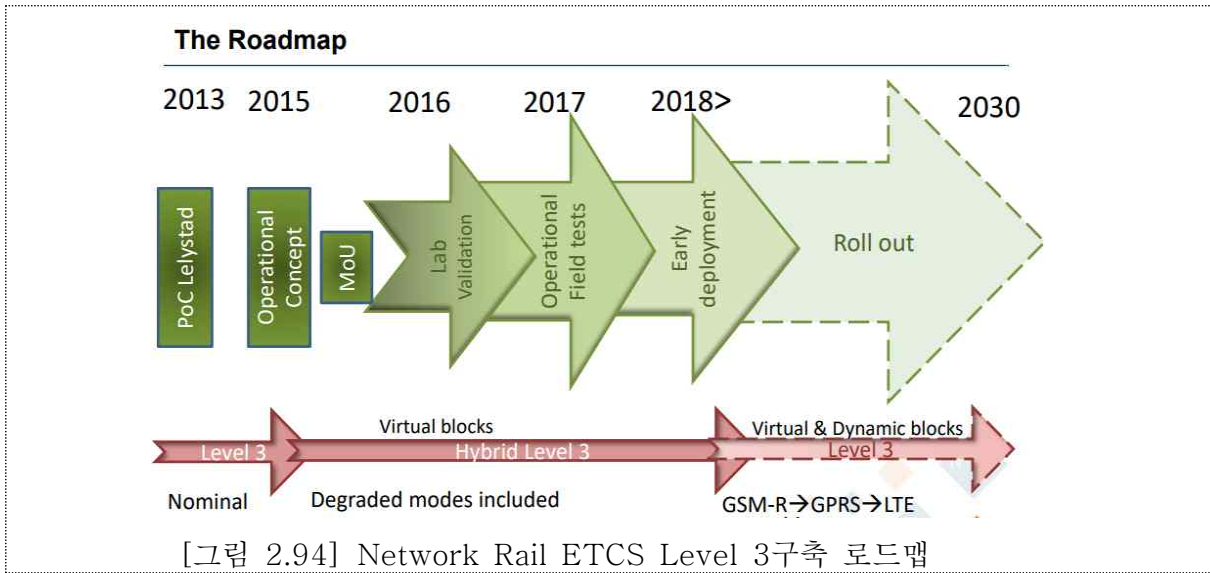
－ (3단계 : Level 3 Virtual Block)열차운행시격에 따라 폐색의 길이를 조정할 수 있으며, 모두 열차가 ETCS를 장착했으며, 열차에서 열차분리검지기능을 수행하고, 입환구역 등에서 열차위치를 관리하기 위한 열차운전규칙을 마련함

- 현재까지 일반·고속철도용으로 개발된 사례가 없으며, 궤도회로와 같은 열차검지장치를 선로에 설치하지 않음

－ (4단계 : Level 3 Moving Block)선행열차와 후속열차간 안전간격에 따라 폐색의 위치와 폐색의 길이가 조정되며, 모두 열차가 ETCS를 장착했으며, 열차에서 열차분리검지기능을 수행하고, 입환구역 등에서 열차위치를 관리하기 위한 열차운전규칙을 마련함

- 현재까지 일반·고속철도용으로 개발된 사례가 없으며, 궤도회로와 같은 열차검지장치를 선로에 설치하지 않음

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석



### (4) ETCS의 ATO 개발 및 운영현황

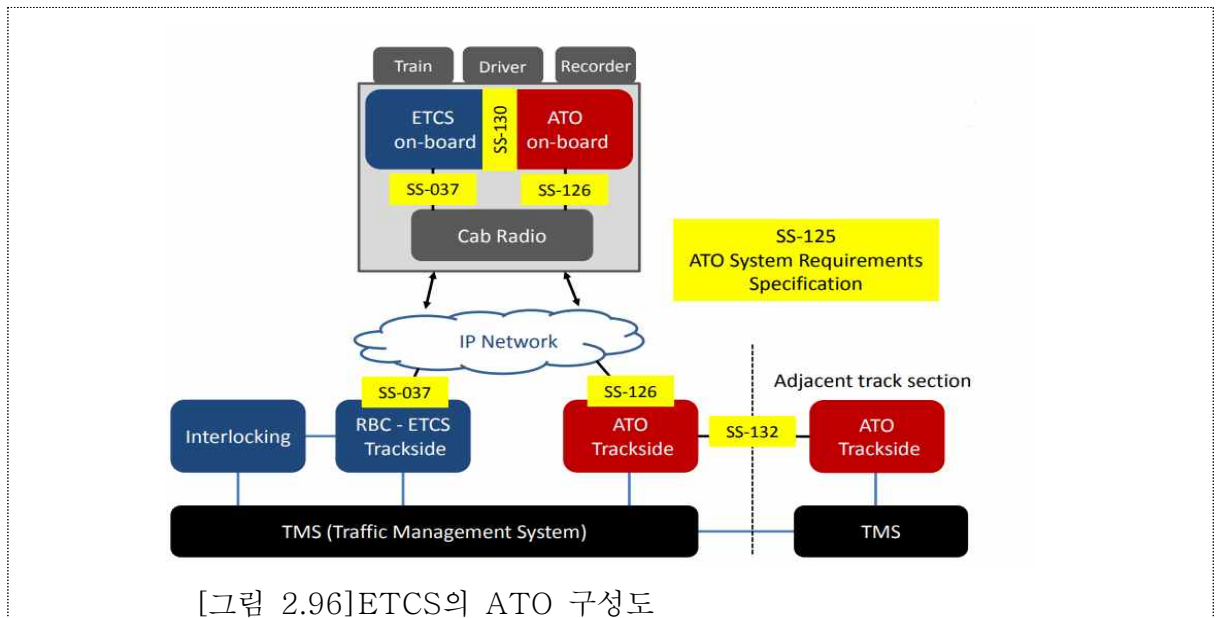
- (ATO정의) 자동열차운전 (automatic train operation)은 non-safety분야로서 열차에 장착된 ATP의 감시하에 열차출발, 열차주행(열차속도를 자동제어), 열차정차, 열차출입문개폐 등을 담당함
  - 열차에서 ATO기능을 수행하기 위해서는 열차에 ATP장치가 반드시 설치되어야 하고 ATO가 열차이동제어를 수행하여도 최종적으로 열차의 안전은 ATP가 담당함
- (ATO등급) 철도에서 정의하고 있는 자동열차운전등급(GoA: Grade of Automation)은 4개 등급이며, 현재 ETCS는 GoA 1을 지원하고 있음
  - 무인운전은 GoA3과 GoA4를 지칭하며, 자동운전은 GoA2를 지칭함

자동화 단계 (GoA)	운영종류/명칭	열차 시동	열차 운행 (가속 및 제동)	출입문	비상시 운영
GoA 1	ATP with driver (NTO)	기관사	기관사	기관사	기관사
GoA 2	ATP and ATO with driver (STO)	자동	자동	기관사	기관사
GoA 3	DTO	자동	자동	안전요원	안전요원
GoA 4	UTO	자동	자동	자동	자동

[그림 2.95] 열차의 자동화 등급별 시스템이 수행하는 기능

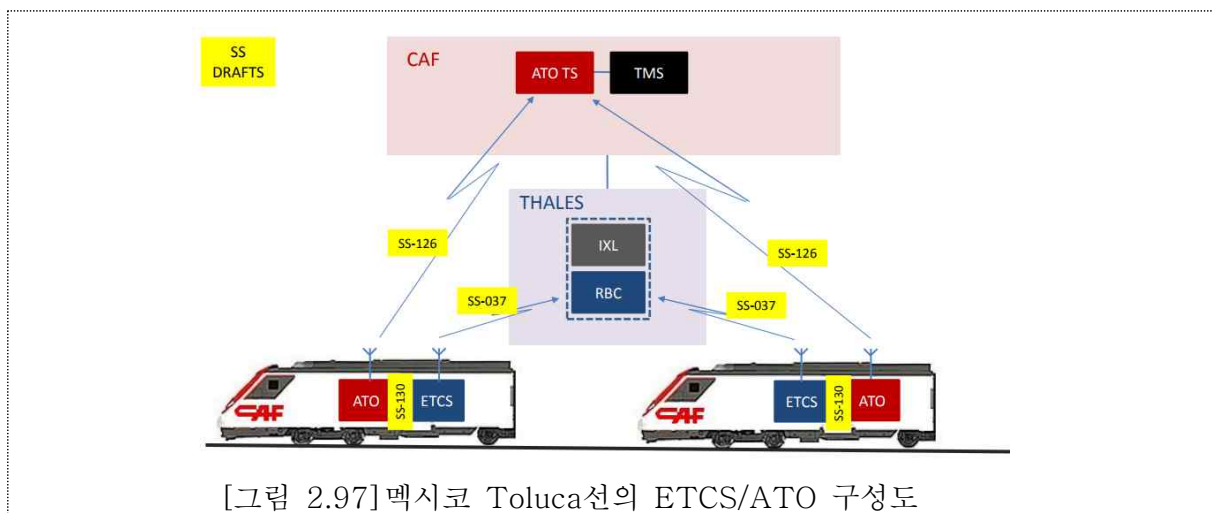
- (ATO기대효과)열차의 자동운전은 수송용량, 에너지, 승차감, 유지보수, 정시성 등에 긍정적인 효과를 갖음
    - 정규화된 운행패턴을 유지할 수 있어서 정시성을 높일 수 있음
    - 열차간 운행시격을 단축할 수 있어서 선로용량을 높일 수 있음
    - 에너지사용량을 최소화할 수 있는 속도패턴을 적용하여 에너지를 절감할 수 있음
    - 열차의 가속과 감속패턴을 정규화하여 승객의 승차감을 향상할 수 있음
    - 추진장치와 제동장치의 스트레스를 저감하여 유지보수시간을 단축할 수 있음
  - (ETCS의 ATO요구사항)ETCS제작자 모임인 UNISIG에서 ATP장치구성과 시스템개발규격서(Subset 125)를 제안하고 있으나, 현재까지 공개되지 않고 있음
    - (ATO지침)ATO를 개발함에 있어서 확정된 요구사항은 다음과 같음
      - ATO는 ERTMS의 규격서를 만족하여야 함
      - 철도운영을 위해서 ATO를 추가할 수 있으나, ATO가 열차운행에 방해해서는 안됨
      - 열차에 설치되는 ATP장치와 ATO장치는 개발장치이며, 인터페이스규격을 만족해야 함
      - ATO장치와 관제설비(TTC)간 인터페이스는 지속적인 연구개발을 진행해야 함
  - (ETCS의 ATO구축단계)ETCS에 ATO기능을 적용하는 것은 2단계로 구분하여 진행되며, 최종적으로 GoA4를 구현함
    - (1단계)2019년까지 GoA 2를 지원하는 ETCS를 개발하고, 2022년까지 상용화함
    - (2단계)GoA 3/4를 지원하는 자율주행 ATO를 개발하며, Shift2Rail의 개발공정에 맞추어
      - Ten-T프로젝트와 NGTC프로젝트를 통해서 ATO 운전개념, 상호운영요구사항을 정립(현재 완료)
      - Shift2Rail프로젝트를 통해서 GoA 2 및 GoA 4 시범운영노선을 구축하고 운영함
  - (ETCS의 ATO개발현황)일부 노선에서 ATO기능을 탑재한 ETCS개발 프로젝트를 추진하고 있으나, 모든 고속철도 및 간선철도에 적용할 수 있는 ATO개념\*, 성능, 기능이 확정된 개발규격서가 없는 상황(Shift2Rail을 통해서 완료할 예정)
- \*도시철도는 폐쇄된 노선이기 때문에 노선별로 특화된 ATO개발이 필요하지만, 일반·고속철도는 모든 노선이 연결되어 있어서 ATO를 개발하기 위해서는 다양한 운영조건이 반영되어야 함
- (런던의 Thamslink)기존 신호설비를 자동운전을 지원하는 ETCS L2/ATO로 개량하며, 2018년 1월부터 Kentish Town과 Elephant&Castle구간에서 운행시작

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석



[그림 2.96] ETCS의 ATO 구성도

- 모든 구간의 열차운행편성수를 24tph로 높이고, 피크시간대에 30tph로 높이기 위해서 GoA 2를 지원하는 ATO를 도입
  - (런던의 CrossRail) 기존 신호설비를 자동운전을 지원하는 ETCS L2/ATO로 개량하고 있으며, 운행구간은 Portobello Junction에서 Pudding Mill Lane/Abbey Wood구간
    - Thamslink와 같이 열차운행편성수를 24tph로 높이고, 피크시간대에 30tph로 높이기 위해서 GoA 2를 지원하는 ATO를 도입(Whitechapel - Paddington구간)
  - (멕시코의 Toluca interurban선) 멕시코의 광역도시철도(58km)이며, 신호설비를 자동운전을 지원하는 ETCS L2/ATO로 구축하였으며, 2018년에 영업운전 계획
    - 열차운전시각이 2.5분이고, GoA 2를 지원하는 ATO를 도입하고 있으나, 적용한 ATO규격은 draft규격서를 적용해서 개발한 것임(Thales사)

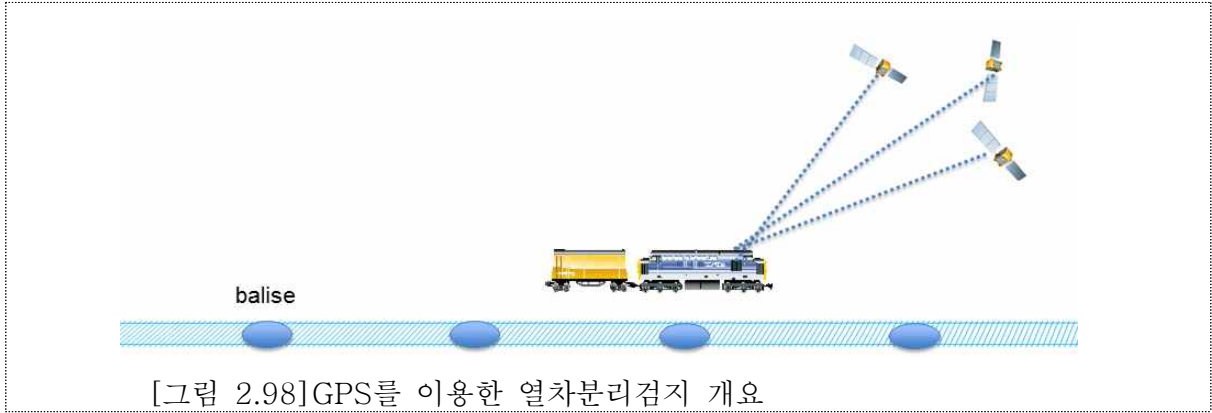


[그림 2.97] 멕시코 Toluca선의 ETCS/ATO 구성도

### (5) ETCS의 열차분리검지 (Train Integrity, 열차무결성) 개발현황

- (열차분리검지) 매우 제한적이지만 열차분리사고가 발생하면 궤도회로를 이용하여 분리된 열차가 있는 위치를 검지하고 있으나, 궤도회로를 사용하지 않는 경우에는 열차에서 열차분리사고를 검지하여야 함
  - ETCS L3는 열차분리사고가 발생하면 이를 검지하는 열차분리검지장치(TI, Train Integrity)를 열차에 설치하고 있으며, 열차에 설치되어 있는 ATP장치와는 독립된 장치임
    - 열차에 설치되는 TI장치는 열차에 설치된 ATP장치와 연계되어 있으며, 열차분리사고를 검지하면 지상의 RBC(지상ATP)에서 이를 검지하여 후속열차의 접근을 금지함
  - (개발현황) 궤도회로를 사용하지 않은 도시철도 CBTC는 검증된 열차분리검지방법을 적용하고 있으나, 일반철도와 고속철도는 검증된 열차분리검지방법이 없는 상황임
    - 일반철도는 여러 형식의 열차가 운행중이고, 화물열차의 경우 기관차에서 화차로 전원이 공급되지 않는 상황이기 때문에 열차분리검지장치개발에 장애로 작용하고 있음
    - Wireless sensor network, GPS를 이용한 열차분리검지방법을 개발하고 있으나, 복잡한 기술 적용, 낮은 신뢰성(화차에 실리 화물에 의한 검지장치 고장 발생), 개발된 로직(소프트웨어)의 검증 등으로 상용화에 많은 시간이 소요될 것으로 예상됨
    - (Shift2Rail)개발할 기술분야로 열차분리검지(TD2.5)를 지정하고 있으며, 연구내용은 다음과 같음
      - : 열차무결성 개념정립 및 요구사항\*정의
      - \* 「Report o the request for information on ERTMS cold movement detection and ERTMS train integrity monitor, 2015」에 요구사항 기술
        - : 연구개발기술항목 정의
        - : 기존 기술 최적화 및 검증
        - : 규격서 작성
- (차량개발) 현재 열차분리사고는 발생빈도가 매우 작으며, 철도차량분리사고원인은 기계적인 것으로서, 차량개발과 유지관리를 통해서 문제를 해결할 수 있음
  - 열차분리사고 발생시 기관사(또는 승무원)이 이를 확인할 수 있고, 무선통신망을 이용하여 사령실 등 관련 조직에 신속히 전파될 수 있음
  - 열차조성에 따른 열차길이 변동, 열차조성구역에서의 열차분리·결합 작업 등에서의 철로사고를 방지하기 위한 제한적인 투자(작업구역에 열차검지장치 설치 등), 열차운전규칙 개정 등의 작업이 필요함

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

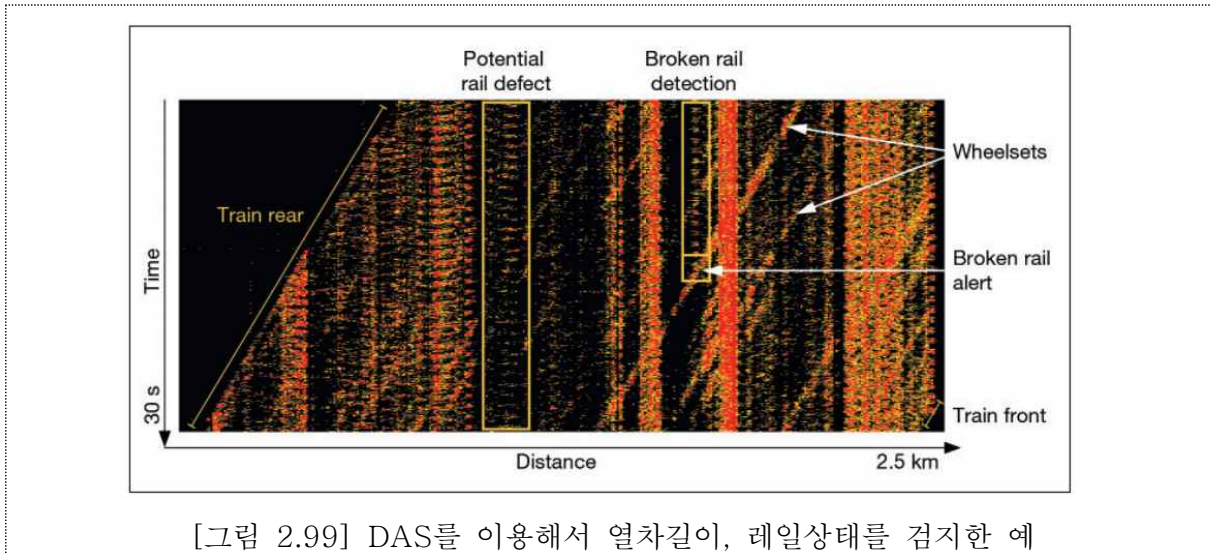


### (6) 레일절손 및 열차검지 개발현황

- (개발현황) 매우 제한적이지만 레일이 완전하게 절단되는 사고가 발생되면 궤도회로를 이용하여 간단하게 이를 검지할 수 있으나, 궤도회로를 사용하지 않을 경우 이에 대한 대안을 확보하여야 함
  - 현재 사용중인 궤도회로를 레일절손검지용도로 전환하는 방법, 전철화 구간에서 귀선 전류를 활용하는 방법, 광케이블을 이용하는 방법 등이 검토되고 있음
    - 궤도회로나 귀선전류는 레일절손위치를 확인하는데 상대적으로 많은 시간을 필요로 함
- (광케이블을 이용한 방식) 열차가 레일과 레일의 연결지점, 레일과 침목간 연결 지점을 주행할 때 발생하는 기계적인 충격을 선로변에 설치된 광케이블이 검지하고 이를 신호로 변환하여 분석하는 방식으로 레일파손과 열차차륜을 검지함
  - 이 방식은 DAS(Distributed Acoustic Sensing) 기술을 사용한 초기단계이지만, 독일 Frauscher사에서 제품화하여 철도에 적용하고 있음
    - 제품 FTS-FAS는 10m 이내의 정밀도로 열차이동, 열차가 이동하는 레일, 궤도의 상태, 장애물 침입 등을 검지할 수 있음
      - : CBTC, ETCS 등 무선통신을 사용하는 열차제어시스템의 백업장치로 활용할 수 있음
      - : 검지할 수 있는 최대길이는 40km
    - 제품 FTS-FAdC는 선로가 여러 개 설치되는 역구내에 서는 광케이블을 이용해서 열차위치를 검지하는 것이 불가하기 때문에 이를 보완하기 위한 액스카운터를 추가한 제품
  - DAS는 광케이블을 통과하는 광파(laser pulse)가 외부의 음파에 의해서 변화가 발생하고, 이를 검지하여 간접이 발생된 위치를 검지할 수 있음
    - DAS를 철도에 적용해서 6년 정도 시험한 결과, 광섬유의 길이가 40km에서도 열

차를 5m의 정밀도로 검지할 수 있었음

- 아래 그림과 같이 열차의 길이, 레일결함 개소, 레일절손개소를 확인할 수 있음



[그림 2.99] DAS를 이용해서 열차길이, 레일상태를 검지한 예

## 5. 기술동향 분석 결과

- 무궤도회로용 열차제어시스템에 요구되는 기술에 대한 특허분석결과 특허가 증가하고, 기술집중도가 높은 것으로 판단되며, 논문은 의미있는 내용이 없는 것으로 분석됨
- 중국과 일본이 주요기술에 대한 특허를 주로 출원하고 있으며, 미국, 유럽, 국내에서 특허를 출원하고 있음
- 국내 특허는 인용도지수, 기술력지수, 영향력지수가 모두 낮게 나타나고 있으며, 원천특허와 핵심특허의 비중이 낮은 것으로 분석되며 연구개발이 시급한 것으로 판단됨
- 지속적인 국가연구개발사업을 통해서 철도선진국의 기술개발에 보조를 맞출 수 있는 주요 기술은 확보한 것으로 판단되나, 시범운영을 통한 충분한 검증을 통하여 기술의 완성도를 높이는 과정이 부족함
- 현재 철도선진국도 무궤도회로방식의 열차제어시스템 적용에 필요한 주요기술의 검증과 규격화, 시스템 구축 노하우를 확보하지 못한 상황이어서 국가연구개발을 조속히 수행하고 후속연구를 통하여 현장시험을 수행하면 충분한 기술경쟁력을 확보할 것으로 분석됨

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

### 3절 기술수준 분석

#### 1. 기술수요조사

##### 가. 국토교통부의 한국형 철도신호시스템 구축계획

###### ○ 차세대 신호시스템의 개발방향

- 신호시스템의 고속화·지능화·운영효율화·상호운영·지상설비 Zero화를 통해 철도의 2C2S(Capacity, Cost, Service, Safety) 향상
  - 보다 빠르고 고밀도로 여객을 수송하고, 위험요인을 사전에 감지하여 사고를 예방할 수 있는 네트워킹 기술을 개발하여 안전운영 확보
  - 기존 신호시스템과의 상호운영성 확보 및 해외시장을 선점하기 위해 유럽철도 기술 기준(ETCS)을 기본바탕으로 선도적인 기술 개발

###### ○ 차세대 신호시스템의 핵심기술

- 궤도회로 없이 열차↔선로, 열차↔열차 간 직접 통신을 통해 자율주행이 가능하도록 7개의 핵심기술 개발 분야 선정
  - 이동폐색기술
  - 자율주행기술(자동운전기술)
  - 실시간 열차위치검지(열차무결성, 열차위치검지, 레일절손검지)
  - 철도무선통신(통신시스템, 지상장치 무선연결)
  - 군집주행(가상중련편성)
  - 사이버 보안
  - Traffic Management(운영규정, 운행관리, 인증간소화)

##### 나. 전문가그룹의 기술수요조사

###### ○ 차세대 신호시스템의 개발방향

- 국토부 정책이 반영된 열차제어시스템 개발규격서를 새로이 작성하여야 함
  - 기존 시스템을 선정하거나 시스템개발방안을 새로이 정의함
  - ETCS L3의 개발동향을 지속적으로 확인하고, 확정된 사항을 시스템개발규격서에 반영함
- 개발자그룹을 구성하여 열차제어시스템 개발규격서 작성방법을 도출

- 열차자동운전기술, 이동폐색기술, 무선통신제어기술, 기존 신호설비와 상호운영기술을 개발규격서에 반영하기 위한 기술분석 실시

## 다. 철도신호분야 산학연 전문가 수요조사

### (1) 조사개요

#### ○ 조사목적

- 국내 무선통신기반의 고속철도용 열차제어시스템 기술의 적용 분야를 조사하고, 관련 산업계에서 필요로 하는 기술의 필요성 및 활용성, 요구사항, 기대효과, 애로사항 등 파악

#### ○ 조사대상

- 국내 열차제어기술 분야와 관련된 산학연 전문가를 대상으로 설문지를 활용한 조사 실시(필요시 방문)

#### ○ 조사절차 및 내용

- (조사 절차) 조사 및 설계, 수요조사, 분석 3단계로 구성
  - (조사 및 설계) 기술일반사항 및 과제제안 설문 항목으로 구성된 설문지 설계 및 적합 대상자 선정
  - (수요조사 및 분석) 기 설계된 설문지를 바탕으로 온/오프라인 기반 수요조사 실시 및 정량·정성 항목에 대한 분석을 바탕으로 시사점 도출
  - (조사 내용 및 질의 형태) 기술의 중요성, 기술 개발의 필요성, 개발 시 문제점 등 기술 일반사항 및 제안하는 연구과제, 기대효과 등 과제 제안 분야로 구분하여 조사 수행

[표 2.21] 주요 조사 내용 및 질의 형태

구분	주요 내용
<b>기술 일반사항</b>	1. 업무수행 분야 2. 신기술 도입의 중요성 3. 기술 또는 유사기술의 활용 가능성 4. 시급한 연구개발이 필요한 기술 분야 5. 기술 개발의 필요성 6. 기능요구사항 주요 항목 7. 성능요구사항 주요 항목 8. 기술 개발 시 문제점(사유)
<b>과제 제안</b>	9. 국내 관련 기술 보유기관 또는 제작사 10. 국내 관련 기술관련 전문가 11. 기술실용화를 위한 요구사항 12. 기술 활용 시 기대효과 13. 기술 분야별 활용 시 세부 활용 방안 14. 적정 연구개발 예산 및 기간 15. 제안하는 연구과제 16. 연구과제의 주요 내용 17. 기대효과 및 파급효과 18. 예산 및 기간

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

### (2) 조사대상

- 열차자율주행 기반 철도차량 분야와 관련된 산학연 전문가 46명(연구원, 대학 15명, 철도건설·운영기관 14명, 시스템공급사 9명, 엔지니어링사 8명)을 대상으로 온라인을 통한 설문조사 실시

### (3) 조사내용

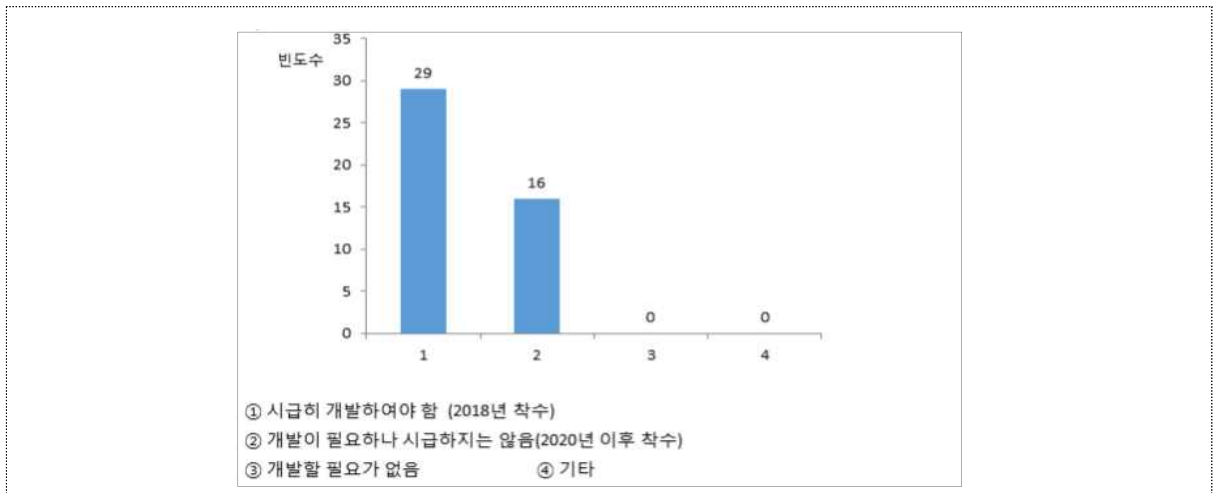
- 새로운 기술 도입의 중요성
  - KTCS 연구개발(2010~2017)을 지속적으로 수행하고 있는 상황에서 차세대 열차제어기술(궤도회로를 사용하지 않는 고속철도용 열차제어기술, 고속열차의 자동열차운전기술, 도시철도와 일반철도의 직결운행기술(공간통합기술))의 도입의 필요성을 조사
- 기존 기술의 활용 가능성
  - KTCS 연구개발(2010~2017)을 지속적으로 수행하고 있는 상황이고, 이를 통해서 이동폐색기술, 열차자동운전기술, 열차위치검지기술 등을 개발하였음. 현재 확보된 기술을 본 기획의 열차제어기술에 적용할 수 있는지를 조사
  - 또한 확보된 기술을 활용하기 위해서 보완이 요구되는 내용을 조사
- 기술 개발 필요성 필요한 기술
  - 국토부 정책의 적절성(필요성)과 국토부에서 명시한 핵심기술을 포함하여 시급히 개발이 요구되는 기술을 조사
- 기능요구사항의 주요 항목
  - 국토부에서 명시한 기능(열차자동운전, 기존 신호설비와의 상호운영성)을 포함하여 본 기획의 열차제어시스템이 수행해야 할 기능을 조사
- 성능요구사항의 주요 항목
  - 본 기획의 열차제어시스템의 성능을 평가할 수 있는 성능요구사항 조사
- 기술개발 시 애로사항
  - 기술개발의 목표인 충분한 인프라 구축, 인증, 실용화 전략 등을 포함하여 기술을 개발하고 적용하는데 필요한 사항을 조사
  - 또한 해외기술을 상용화는 것이 아니고(fast follower) 기술선진국과 경쟁하는 상황에서(first leader) 고려해야 하는 사항을 조사

## 라. 조사결과 분석

- 궤도회로를 사용하지 않고 무선통신기술을 이용한 고속철도용 열차제어시스템의 성능검증 필요성

현재 국내의 열차신호시스템 프로젝트 진행 상황을 고려하였을 때 (도시철도용 KTCS-M 개발 완료, 일반·고속철도용 KTCS-2 개발 완료), 유럽의 NGTC, Shift2Rail 과 같은 고속철도용 차세대 열차제어시스템 개발의 필요성과 시급성

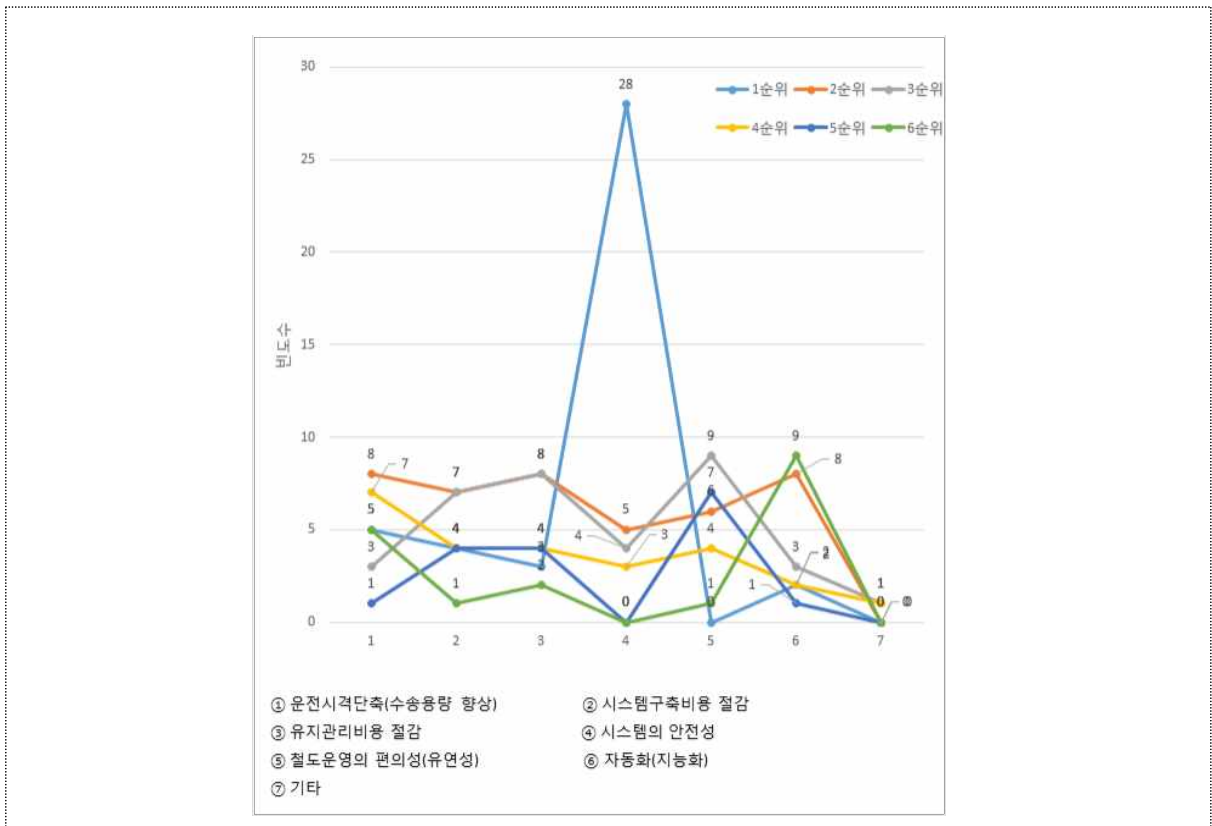
- 조사대상의 대부분(45명)이 개발필요성에 응답하였으나, 시급성에 대해서 의견을 달리하고 있음
- 철도신호분야에 대한 R&D를 지속적으로 실시하였으나, 성과물에 대한 실용화가 성과가 미진하여 R&D투자 명분을 확보하는 것이 어려운 것으로 판단됨



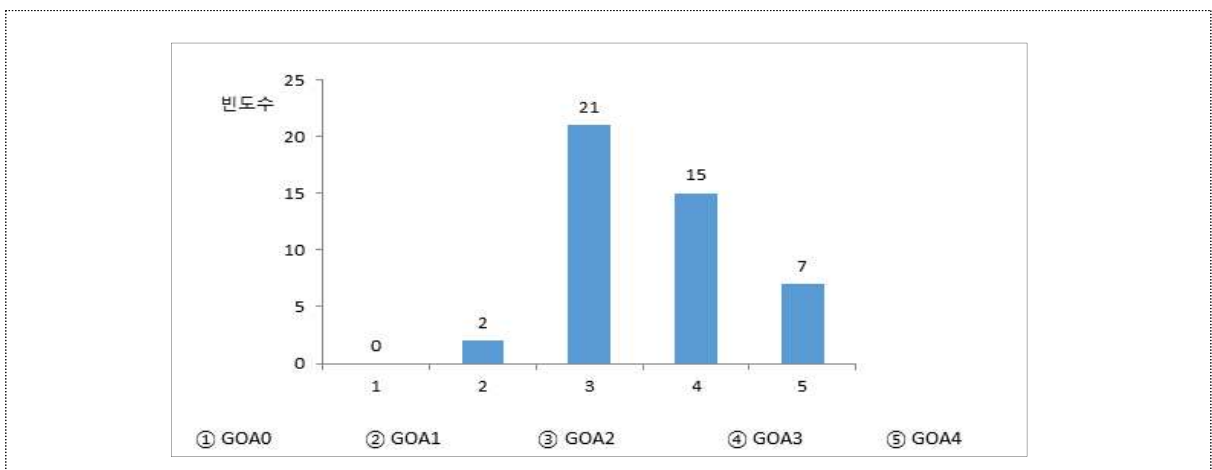
- 궤도회로를 사용하지 않고 무선통신기술을 이용한 고속철도용 열차제어시스템의 개발에 활용할 수 있는 기술의 확보 여부(복수로 답변)
  - 시스템개발규격서 작성, RAMS활동, 차상ATP, 지상ATP, LTE-R 등 새로운 열차제어시스템 개발에 필요한 기술을 활용할 수 있는 것으로 분석됨
- 궤도회로를 사용하지 않고 무선통신기술을 이용한 고속철도용 열차제어시스템을 개발하는데 있어서 요구사항(우선순위로 답변)
  - 시스템 안전성이 가장 중요한 요구사항인 것으로 조사되었으며, 열차운전시격단축, 유지관리비용절감, 자동화 등이 다음 순위에서 요구되고 있음
  - 고속철도와 일반철도에도 자동화 지원을 요구하고 있음
- 고속철도 및 일반철도용 열차제어시스템이 지원해야 할 자동열차운전수준

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

— 자동화 단계에 대해서는 GoA2(유인운전)과 GoA3(driverless운전)을 요구하는 것으로 조사되었음



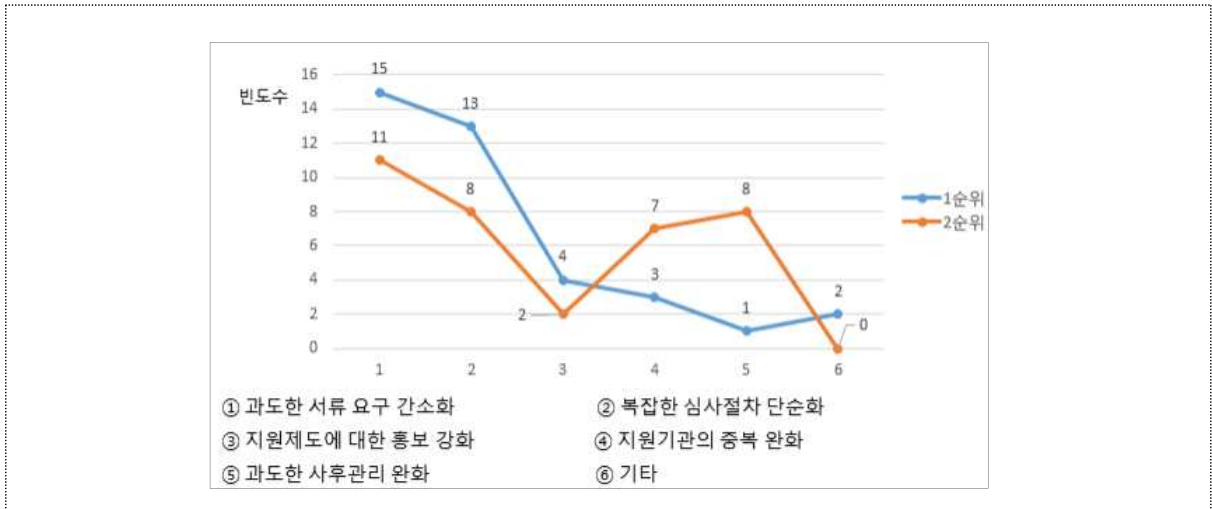
— 열차자동운전을 위해서 열차자동출발, 열차자동속도제어, 열차정위치정차, 열차출입문 제어 등은 개발되어야 할 것으로 분석됨



○ 국가R&D의 지원제도 개선사항(우선순위로 답변)

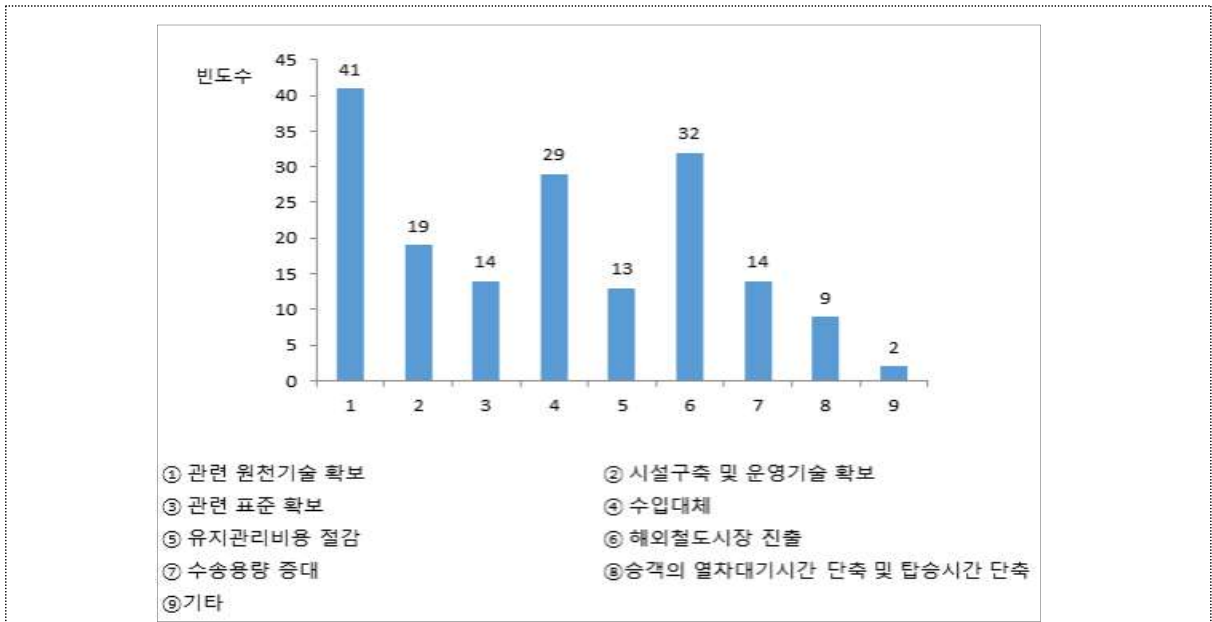
— 정부에서 관리를 위해서 요구하는 심사절차, 제출서류, 사후관리를 과도하게 하는 것으로 조사되었음

－ 열차제어시스템 개발과 관련되어 조사한 자료에 의하면, 실용화문제가 성과활용에 큰 애로사항인 것으로 조사되었음



### ○ 고속철도용 열차제어시스템 개발의 기대효과

－ 열차제어시스템 관련 원천기술 확보, 시스템 유지관리비용 절감, 수입대체 등이 주요 기대효과로 조사되었음



## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

### 마. 제안된 연구내용

- 국토부의 한국형 열차제어시스템 구축계획, 유럽의 Shift2Rail사업 등에 제시된 연구내용을 토대로 전문가에게 수행해야 할 연구내용을 조사한 결과 총24건이 다음과 같이 제시되었음

[표 2.17] 무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템 기술수요조사표

구분	요소기술	제시자	
열차운행관리기술	(1) 기존 철도인프라(자원)의 이용을 극대화 기술	5	
	(2) 지능화를 통한 열차운행 실시간 제어관리기술	10	
	(3) 승강장에서의 승하차시간 단축기술	2	
열차제어기술	열차위치검지기술	(4) 열차무결성기술(Train Integrity)	16
		(5) 레일절손검지기술(Rail Integrity)	12
		(6) 절대위치보정용 지상자(또는 유로발리스)를 사용한 열차위치검지기술	13
		(7) 지상자를 사용하지 않는 열차위치검지기술	13
	열차안전간격제어기술	(8) 이동폐색제어기술	19
		(9) 열차속도제어기술(열차운행최고속도 350km/h)	17
	열차진로제어기술	(10) 지상제어장치와의 열차위치정보 인터페이스 기술	11
	열차자동운전제어기술	(11) 열차자동운전제어기술	19
		(12) 열차자동출발제어기술	4
		(13) 열차정차제어기술	10
		(14) 열차자동운전을 위한 고속열차 개조기술	10
	상호운영성기술	(15) 도시철도를 포함한 기존 신호설비(KTCS, ETCS L1, ATS 등)과의 연계기술	16
		(16) 기존 지상신호설비와의 연계없이 차상장치 독자적으로 운영하는 기술 - 관제 또는 열차에 구축된 DB를 활용하여 기존 노선을 운행함	7
	고신뢰성 저비용 기술	(17) 기능이 집중되는 차상장치비용을 저감하는 기술 - Open ETCS 프로젝트와 같이 설계, 제작, 시험 등의 내용을 공유	6
(18) 무선통신망의 신뢰성을 높이는 기술 - 고신뢰 및 초저지연 무선 통신 기술 - 무선커버리지이중화기술 - 무선통신단절시열차제어기능연속성확보기술		20	

	-초고속 환경에서의 고신뢰성 통신 기술	
	(18-1) 각종 센싱정보전달을위한저전력통신기술	1
	(19)철도에너지 효율 향상을 위한 열차운행계획 관리기술	3
<b>시험평가기술</b>	(20)계측 및 분석 시스템 기술 -시험항목, 시험절차, 평가기준 작성과 이에 필요한 인프라 확보	7
	(21)현장시험을 최소화(또는 제로화)하는 on-line시험 기술	5
<b>안전성인증기술</b>	(22)안전성인증기술	20
<b>사이버보안기술</b>	(23)사이버보안기술 - 유무선네트워크보안기술	10
<b>기타</b>	(24)실용화를 위한 법체계 지원	7
	(25)사용자에 대한 교육 및 훈련 시스템	2

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

### 2. 기술예측조사

#### 가. 조사 개요

##### (1) 조사 목적

- 철도 기술의 실현시기, 기술수준 등 기술특성의 변화속도를 정량적으로 평가하여, 이를 본 기획의 기술개발 추진전략을 수립하기 위한 기초자료로 활용

##### (2) 조사 기간 및 장소

- 2017년 7월 28일(금), 한국철도기술연구원

##### (3) 조사 대상

- 전문가 그룹 6인

##### (4) 조사 절차 및 내용

- 기술 예측조사 대상기술 선정, 기술예측조사 수행, 후보과제 도출 프로세스에 따라 기술예측조사 실시
  - (대상기술 선정) 유사·중복 과제 통합, 과제 적합성 평가 과정을 통해 기술예측 설문조사 수행을 위한 대상기술 선정
  - (조사 수행) FGI를 통한 기술예측조사 실시 후 기술예측조사 결과 분석 수행
  - 후보과제 도출) 기술예측조사 결과를 바탕으로 후보과제 도출

[표 2.18] 기술예측조사 평가항목

조사 항목	내용
전문도	응답자의 해당 분야(기술)에 대한 기술적 전문도
중요도	해당 기술의 철도차량 실용화 기술, 사회경제 등의 발전에 미치는 영향 정도
기술 성숙도	해당 기술의 기술성숙도를 태동, 성장, 핵심, 기반 4단계로 구분
기술실현 예측시기	해당 기술의 실현 예측시기를 응답자가 직접 년도 선택
최고기술보유국	해당 예측기술에 대한 현재 기술수준이 가장 앞서있는 국가 선정
국내기술 수준	최고 기술 보유국 기술수준(100%) 대비 국내의 현재 기술수준의 정도
기술획득 방식	기술을 획득하기 위한 추진 방식 선택
실현상의 장애요인	해당기술을 실현하는데 장애가 되는 요인을 모두 선택

## (5) 조사결과

- 자동운전, 이동폐색, 무선통신제어, 기존 신호설비와의 상호운영성 등을 만족하는 시스템 개발 방안과 각 하부시스템 및 구성품의 규격을 도출하여야 함
  - 지상자를 이용한 열차위치검지기술은 이동폐색제어기술에 포함하는 것으로 함
  - 열차자동운전제어기술, 열차자동출발제어기술, 열차정차제어기술은 열차자동운전제어기술로 통합
- 상호 운영성은 별도로 분리된 도시철도노선까지 대상으로 할 필요는 없고 국가 철도망과 연결된 노선만을 대상으로 하는 것이 바람직함.
  - 국가 철도망은 KTCS-2를 설치하는 것이 방침으로 정해져 있으나 점진적으로 설치하는 것이므로 과도기적으로 KTCS-M이 설치된 노선과 연계할 수 있는 상호운영성 기술이 필요함(따라서 KTCS-M, ETCS L1, ETCS L2와 상호운영성이 있어야 함)
  - 상호운영기술은 S/W로 구현하는 것이며, 외산 CBTC와는 연계하지 않음
- 철도무선통신망의 안정화, 가용성 향상을 위한 연구는 필요하며, 별도 세부과제로 추진하는 것은 추후 결정하는 것이 적절
- 레일절손 관련하여 궤도회로를 사용하지 않고 axle counter만 사용하는 노선(유럽, 동남아)에서 절손을 어떻게 검지하는 지 확인할 필요가 있음
  - 신호측면에서 레일검지정보를 신호에서 취합하여 관련 분야에 제공할 수 있도록 신호에 적합한 레일절손검지기술을 개발함(신호영역확대)
- 상기 의견을 반영하여 요소기술 설명 표에서 일부 모호한 문구 수정(첨부. 20170728\_무궤도 설문조사결과.hwp 참조)

## 나. 대상기술 선정

### (1) 유사·중복 과제 통합

- 지상자를 이용한 열차위치검지기술은 이동폐색제어기술에 포함하는 것으로 함
- 열차자동운전제어기술, 열차자동출발제어기술, 열차정차제어기술은 열차자동운전제어기술로 통합

### (2) 과제 적합성 평가

- 철도무선통신망의 안정화, 가용성 향상을 위한 연구는 필요하며, 별도 세부과제로 추진하는 것은 추후 결정하는 것이 적절
- 상호 운영성은 별도로 분리된 도시철도노선까지 대상으로 할 필요는 없고 국가 철도망

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

과 연결된 노선만을 대상으로 하는 것이 바람직함.

[표 2.19] 무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템 요소기술 및 연구성과표

구분		요소기술
열차운행관리기술		• 기존 철도인프라(자원)의 이용률 극대화 기술
		• 지능화를 통한 열차운행 실시간 제어관리기술
		• 승강장에서의 승하차시간 단축기술
열차제어기술	열차위치검지기술	• 열차무결성기술(Train Integrity)
		• 레일절손검지기술(Rail Integrity)
		• 지상자를 사용하지 않는 열차위치검지기술
	열차안전간격제어기술	• 이동폐색제어기술
		• 열차속도제어기술(열차운행최고속도 350km/h)
	열차진로제어기술	• 지상제어장치와 전자연동장치간 인터페이스 기술
열차자동운전제어기술	• 자동열차운전제어기술	
상호운영성기술		• 도시철도를 포함한 기존 신호설비와의 상호운영성 기술
		• 기존 지상신호설비와 연계않는 상호운영성 기술
고신뢰성 저비용 기술		• 기능이 집중되는 차상장치비용을 저감하는 기술
		• 철도무선통신망의 안정화, 가용성을 높이는 기술
		• 각종 센싱정보 전달을 위한 저전력 통신기술
		• 철도에너지 효율 향상을 위한 열차운행계획 관리기술
시험평가기술		• 계측 및 분석 시스템 기술
		• 현장시험을 최소화(또는 제로화)하는 on-line시험기술
안전성인증기술		• 안전성인증기술
사이버보안기술		• 유무선네트워크보안기술
기타		• 실용화를 위한 법체계 지원
		• 사용자에 대한 교육 및 훈련 시스템

[표 2.20] 무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템 기술수요조사표

응답 순위	요소기술	1순위	2순위	기술수준 평균 (%)
1	이동폐색제어기술	프랑스	일본	77
2	안전성인증기술	독일	일본	70
3	열차속도제어기술(열차운행최고속도 350km/h)	프랑스	독일, 일본	78
4	열차자동운전제어기술	프랑스	독일, 일본	78
5	열차무결성기술(Train Integrity)	프랑스	독일, 일본	73
6	도시철도를 포함한 기존 신호설비과의 연계기술	독일	프랑스	63
7	지상자를 사용하지 않는 열차위치검지기술	프랑스	일본	71
8	무선통신망의 신뢰성을 높이는 기술	프랑스	독일	82
9	레일절손검지기술(Rail Integrity)	유럽	일본	69
10	지능화를 통한 열차운행 실시간 제어관리기술	일본, 유럽	미국, 독일	70
11	절대위치보정용 지상자(또는 유로발리스)를 사용한 열차위치검지기술	독일	프랑스	74
12	지상제어장치와의 열차위치정보 인터페이스 기술	프랑스	일본	73
13	열차자동운전을 위한 고속열차 개조기술	프랑스	독일	64
14	사이버보안기술(유무선네트워크보안기술)	유럽	없음	75
15	실용화를 위한 법체제 지원	-	없음	50
16	기존 지상신호설비와의 연계없이 차상장치 독자적으로 운영하는 기술	독일	프랑스	66
17	기능이 집중되는 차상장치비용을 저감하는 기술	프랑스	독일	75
18	기존 철도인프라(자원)의 이용을 극대화 기술	독일	프랑스	60
19	계측 및 분석 시스템 기술	독일	일본	70
20	철도에너지 효율 향상을 위한 열차운행계획 관리기술	유럽	프랑스	73
21	현장시험을 최소화(또는 제로화)하는 on-line시험기술	프랑스	일본	60

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

		스		
22	사용자에 대한 교육 및 훈련 시스템	-	-	60
23	승강장에서의 승하차시간 단축기술	-	-	-

다. 조사 결과 분석

(1) 기술성숙도 수준(4점 척도 기준 평가)

0~1점 : 태동 단계, 1~2점 : 성장 단계, 2~3점 : 핵심 단계, 3~4점 : 기반 단계

○ 평균 1.6점으로 조사됨에 따라, 초기 성장단계인 것으로 분석



(2) 요소기술별 최고기술 보유국 및 국내기술수준(중복)

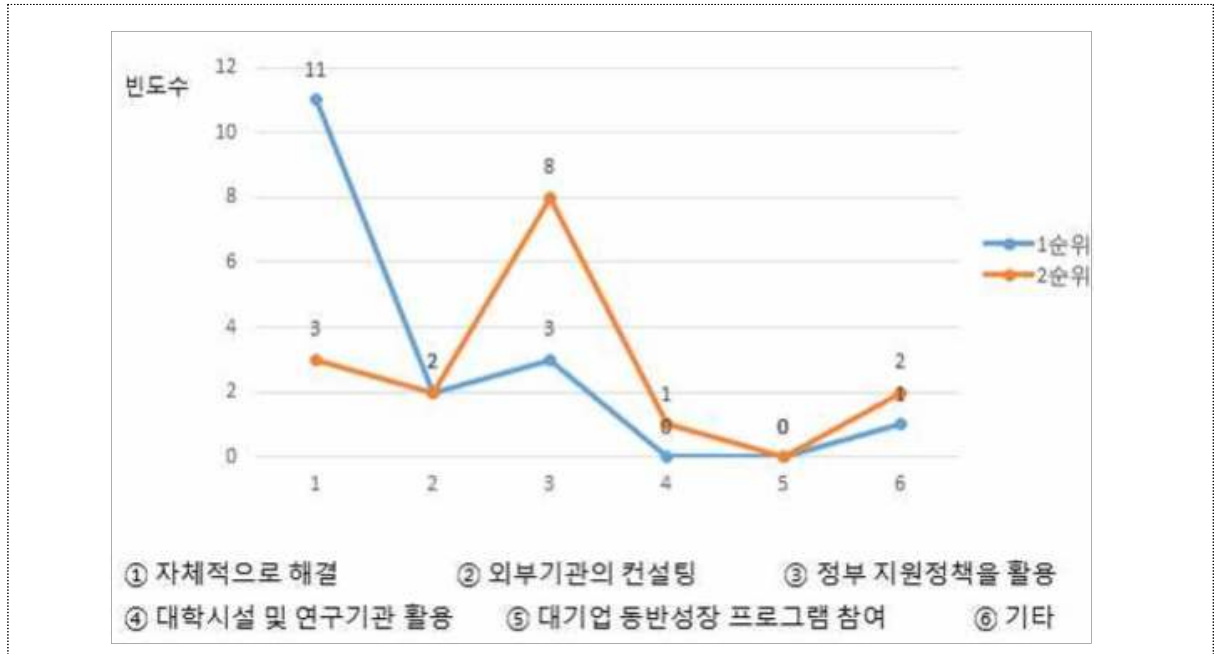
○ 대부분의 기술이 70%이상으로 다소 뒤쳐진 기술수준을 보유한 것으로 조사되었음

구분	설명
100%	세계 최고 기술 수준 보유
90~99%	최고 기술보유국과 동등한 기술수준 보유
80~89%	최고 기술보유국에 근접한 기술수준 보유
70~79%	최고 기술보유국보다 다소 뒤쳐진 기술수준 보유
60~69%	최고 기술보유국보다 낮은 기술수준 보유
59% 이하	최고 기술보유국보다 현저히 낮은 기술수준 보유

(3) 기술획득 선호 방식

○ 자체적으로 해결하는 방법을 선호하고 있으나, 정부지원정책이 있는 경우 이를 활용하는 방법도 선호하는 것으로 조사되었음

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석



### 3. 우선순위조사

#### 가. 조사 개요

##### (1) 목적

- 본 과제의 기획에 맞추어 전략성, 기술성, 경제성 및 파급성 등을 감안하여 우선적으로 연구·개발 되어야 할 연구내용 선정

##### (2) 평가지표

- 우선순위 도출을 위해 본 연구과제의 특성을 감안하여 전략성, 기술성, 경제성, 파급성 등 4대 항목으로 평가지표 구성
  - 4대 평가항목에 대해 각각 2개의 세부 평가지표로 구성

[표 2.24] 우선순위조사 평가지표 항목

평가 항목	평가지표	소항목 개념
전략성	전략과의 부합성	• 정부의 중장기 R&D 전략 및 본 기획과제 추진전략에 부합되는 정도
	전략적 시급성	• 사회적, 정책적, 기술적 변화에 의해 해당 기술의 수요가 증가할 것으로 예상됨에 따른 해당 기술 개발의 시간적 시급성 정도
기술성	기술 실현성	• 현재 기술수준, 연구개발역량 등을 고려할 때 해당 기술의 실현 가능성
	기술 우위성	• 해당 기술의 독창성 및 연구분야에의 기여 수준
경제성	사업화 가능성	• 해당 기술이 개발된 후 실제 철도에 도입되는 사업화 가능성 정도
	수익성	• 해당 기술의 개발투자비 대비 기술로 인한 수익 창출 정도
파급성	과학기술적 파급성	• 과학적 혁신이나 새로운 지식의 창출 측면에서의 기여도
	사회공공적 파급성	• 사회문제 해결 및 공익 측면에서의 기여도

##### (3) 조사 방법 및 절차

- 최종 확정된 후보과제에 대한 평가를 통해 후보과제 별 우선순위 조사
  - (1단계) 평가지표에 대한 가중치 선정을 위해 AHP 기법을 적용
    - AHP : 정확한 결과 도출을 위해 과제별 우선순위 결과에 상대비교를 통한 가중치를 적용하는 기법

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

- (2단계) 후보과제에 대한 평가지표 항목에 대한 7점 척도 평가 수행
  - 7점 척도 기준 : 매우 크다(7점), 크다(6점), 다소 크다(5점), 보통(4점), 다소 작다(3점), 작다(2점), 매우 작다(1점)
- (3단계) 2단계 후보과제 평가 결과에 평가지표 가중치를 반영하여 7점 만점으로 환산
- (4단계) 평가결과 7점 만점 중 5.5점 이상인 과제를 최종 연구과제로 선정

### 나. 조사 결과

#### (1) 평가지표 가중치

- 우선순위 평가기준 가중치 중 전략성, 기술성, 파급성, 경제성 순으로 가중치를 설정
  - 전략성 40%, 기술성 30%, 경제성 20%, 파급성 10%

[표 2.25] 무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템 기술수요조사표

번호	요소기술	평가지표							
		전략성		기술성		경제성		파급성	
		부합성	시급성	실현성	우위성	가능성	수익성	기술성	사회성
1	이동폐색제어기술	2.8	2.8	2.1	2.1	1.4	1.4	0.5	0.7
2	안전성인증기술	2.8	2.8	2.1	1.8	1.4	1.4	0.5	0.7
3	열차속도제어기술(열차운행최고속도 350km/h)	2.8	2.8	2.1	2.1	1.4	1.4	0.5	0.6
4	열차자동운전제어기술	2.4	2.4	2.1	2.1	1.4	1.4	0.5	0.7
5	열차무결성기술(Train Integrity)	2	2.8	1.8	2.1	1.4	1.2	0.5	0.5
6	도시철도를 포함한 기존 신호설비과의 연계기술	2	2.8	2.1	1.8	1.2	1	0.5	0.7
7	지상자를 사용하지 않는 열차위치검지기술	1.6	1.6	1.2	1.5	0.8	0.8	0.6	0.5
8	무선통신망의 신뢰성을 높이는 기술	2.4	2.8	1.8	1.8	1.4	1.4	0.5	0.7
9	레일절손검지기술(Rail Integrity)	1.6	2.4	1.8	1.5	1.2	1.2	0.5	0.5
10	지능화를 통한 열차운행 실시간 제어관리기술	1.6	2	1.5	1.5	1	1.4	0.6	0.6
11	지상제어장치와의 열차위치정보 인터페이스 기술	2.4	2.4	2.1	1.8	1.4	1.4	0.4	0.5
12	열차자동운전을 위한 고속열차 개조기술	2	2	2.1	1.2	1	1	0.4	0.5

13	사이버보안기술(유무선네트워크보안기술)	1.6	1.6	1.5	1.5	1	0.8	0.6	0.4
14	실용화를 위한 법체계 지원	1.6	1.6	2.1	1.2	0.8	1	0.4	0.5
15	기존 지상신호설비와의 연계없이 차상장치 독자적으로 운영하는 기술	1.2	1.2	1.2	1.2	0.6	0.6	0.6	0.4
16	기능이 집중되는 차상장치비용을 저감하는 기술	1.2	1.2	0.9	1.2	0.6	0.6	0.6	0.4
17	기존 철도인프라(자원)의 이용을 극대화 기술	1.6	2	2.1	1.2	1.2	1	0.4	0.5
18	계측 및 분석 시스템 기술	2.4	2.8	2.1	1.5	1.4	1.4	0.5	0.4
19	철도에너지 효율 향상을 위한 열차운행계획 관리기술	1.6	2	1.5	1.5	1.2	1	0.5	0.6
20	현장시험을 최소화(또는 제로화)하는 on-line시험기술	1.2	1.2	0.9	1.2	0.6	0.6	0.4	0.4
21	사용자에 대한 교육 및 훈련 시스템	1.2	1.6	1.2	1.2	1.4	1	0.4	0.3
22	승강장에서의 승하차시간 단축기술	1.2	1.6	1.2	1.2	0.6	0.6	0.4	0.3

(2) 우선순위 조사

- 평가기준 가중치 중 전략성, 기술성, 파급성, 경제성 순으로 가중치를 설정한 후 우선순위를 조사하였음

[표 2.26] 무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템 기술수요조사표

우선 순위	요소기술	합계
1	이동폐색제어기술	13.8
2	열차속도제어기술(열차운행최고속도 350km/h)	13.7
3	안전성인증기술	13.5
4	열차자동운전제어기술	13
5	무선통신망의 신뢰성을 높이는 기술	12.8
6	계측 및 분석 시스템 기술	12.5
7	열차무결성기술(Train Integrity)	12.3
8	도시철도를 포함한 기존 신호설비과의 연계기술	12.1
9	레일절손검지기술(Rail Integrity)	10.7
10	지상제어장치와의 열차위치정보 인터페이스 기술(연동기술)	12.4

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

11	지능화를 통한 열차운행 실시간 제어관리기술	10.2
12	열차자동운전을 위한 고속열차 개조기술	10.2
13	기존 철도인프라(자원)의 이용율 극대화 기술	10
14	철도에너지 효율 향상을 위한 열차운행계획 관리기술	9.9
15	실용화를 위한 법체계 지원	9.2
16	사이버보안기술(유무선네트워크보안기술)	9
17	지상자를 사용하지 않는 열차위치검지기술	8.6
18	사용자에 대한 교육 및 훈련 시스템	8.3
19	승강장에서의 승하차시간 단축기술	7.1
20	기존 지상신호설비와의 연계없이 차상장치 독자적으로 운영하는 기술	7
21	기능이 집중되는 차상장치비용을 저감하는 기술	6.7
22	현장시험을 최소화(또는 제로화)하는 on-line시험기술	6.5

○ 우선순위가 결정된 연구내용을 토대로 연구개발과제를 결정하였음

－ 연구개발과제는 우선순위점수가 8점 이상인 연구내용으로 구성하였음

[표 2.27] 무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템 기술수요조사표

번호	연구과제명	비고
1	지능화를 통한 열차운행 실시간 제어관리기술 － 열차운행 실시간 제어관리기술 － 기존 철도인프라(자원)의 이용율 극대화 기술	
2	열차위치검지기술 － 열차무결성기술(Train Integrity) － 레일절손검지기술(Rail Integrity) － 지상자를 사용하지 않는 열차위치검지기술	
3	열차안전간격제어기술 － 이동폐색제어기술 － 열차속도제어기술(열차운행최고속도 350km/h)	
4	열차진로제어기술 － 지상제어장치와의 열차위치정보 인터페이스 기술(연동기술)	
5	열차자동운전제어기술 － 자동열차운전기술 － 열차자동운전을 위한 고속열차 개조기술	

6	도시철도를 포함한 기존 신호설비와와 연계기술(상호운영성기술)	
7	고신뢰성 저비용기술 - 무선통신망의 신뢰성을 높이는 기술 - 사이버보안기술(유무선네트워크보안기술) - 철도에너지 효율 향상을 위한 열차운행계획 관리기술	
8	시험평가기술 - 계측 및 분석 시스템 기술	
9	안전성인증기술	
10	실용화 지원기술 - 실용화를 위한 법체계 지원 - 사용자에게 대한 교육 및 훈련 시스템	
-	승강장에서의 승하차시간 단축기술	제외
-	기존 지상신호설비와의 연계없이 차상장치 독자적으로 운영하는 기술	제외
-	기능이 집중되는 차상장치비용을 저감하는 기술	제외
-	현장시험을 최소화(또는 제로화)하는 on-line시험기술	제외

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

### 4절 유사과제 분석 및 기존 기술(연구)와의 차별성

○ 기존의 국가연구개발과제를 통해 개발된 열차제어시스템 및 관련 기술은 지상제어시스템이 중심이었으며, 이것은 미국과 유럽의 표준화된 열차제어시스템을 국산한 것으로 볼 수 있음.

※ 제2장 3절의 ‘4. 국내외 연구개발동향’ 참조

○ 철도 신호시스템 표준화 방안(국토부, 2010) 이후 진행된 열차제어시스템 개발과 관련된 국가연구개발과제의 특성은 아래와 같음

－ 도시철도노선, 일반·고속철도노선으로 대상을 명확히 하였음

- 도시철도용 열차제어시스템(KTCS-M) 개발완료(2010.12 ~ 2014.6)
- 일반·고속철도용 열차제어시스템(KTCS-2) 개발완료(2014.12 ~ 2017.12)

[표 2.28] 기존과제와의 차별성

구분	도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가	일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화	비고
연구목표	－한국형 무선통신기반 열차제어시스템의 실용화 기반을 마련하기 위해 열차제어시스템 표준체계를 구축하고 시스템의 안전성 및 성능평가 수행	－일반 및 고속철도용 한국형 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가 수행	
연구내용	－도시철도용 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가 －철도무선통신망 개발 －대불선 약 11km 구간을 시험선으로 구축하여 열차제어시스템 및 통신망 시험	－개발내용 • 일반 및 고속철도용 무선통신기반 열차제어시스템 개발 및 시험평가 • 철도전용 무선통신망 표준화 연구	
차별성	－열차는 CBTC와 같은 지상중심(지상 ATP, 지상 EI)의 제어명령에 의존함 －도시철도의 운영조건에 맞게 기능과 성능을 설정하였음 －궤도회로를 사용하지 않음 －무인운전지원	－열차는 기존의 ETCS L2와 같은 지상중심(radio block center, EI)의 제어명령에 의존함 －일반철도 및 고속철도의 운영조건에 맞는 기능과 성능을 설정하였음 －궤도회로를 사용함 －수동운전지원	

○ KTCS-M 및 KTCS-2는 다음 표와 같이 각 노선의 특징이 반영된 기능과 성능을 설정하였음

[표 2.29] 도시철도와 일반·고속철도 비교

	도시철도	일반·고속철도
<b>서비스</b>	• 열차운행패턴의 변경이 거의 없음	• 열차의 진로, 정차위치의 변동이 잦음
<b>주행거리</b>	• 단거리	• 장거리
<b>열차</b>	• 단일편성 • 열차가속과 감속율이 높음 • 승객의 승하차시간을 최소화할 수 있도록 출입문을 배치 • 승객이 많이 수송할 수 있도록 열차 설계	• 여러 형식의 열차편성이 운영 • 열차의 가속율이 낮음 • 좌석을 최대한 배치할 수 있도록 열차출입문과 열차내부를 설계
<b>운영</b>	• 운행시격단축에 중점 • 출발조건이 만족되면 바로 출발	• 운행시간표준수에 중점 • 운행시간이 되어야 출발
<b>수송용량</b>	• 매우 높음	• 구간 및 진로에 따라 수송용량이 변동
<b>선로</b>	• 지선연결(건설)이 제한됨 • 역에서 본선과 지선의 연결이 이루어짐	• 지선 또는 연결선이 매우 많음 • 승강장에서 지선 또는 연결선 설치를 금지
<b>승강장</b>	• 승하차시간, 정차시간을 초단위로 관리	• 승하차시간, 정차시간을 분단위로 관리

○ 본 기획과제의 열차제어시스템은 고속철도를 대상으로 할 것이며, 가능한 기존 국가연구개발과제의 연구성과를 최대한 활용할 것임

－ 열차제어시스템은 다음과 같은 특징을 갖고 있음

- 궤도회로를 사용하지 않고, 무선통신을 이용하여 열차의 이동을 제어하고 관리함
- 고속철도 및 일반철도에 적용할 수 있는 이동폐색방식의 열차안전간격제어기술 개발
- 고속철도 및 일반철도의 열차운전조건(복잡한 역 선로구조, 열차조성구역(입환작업 등)을 반영한 자동열차운전기술(ATO : Automatic Train Operation) 개발
- 기존 지상신호설비와의 상호운영성기술 개발
  - ： 도시철도용 KTCS-M, 일반·고속철도용 KTCS-2 및 일반철도용 KTCS-1(ATP)
- 열차무결성 및 레일무결성기술 개발 등

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

- 연구개발은 열차제어시스템의 ATP/ATO개발에 집중할 것이며, 관제설비(CTC), 전자연동장치(EI)는 기존 설비를 최대한 활용할 것임
- 또한 무선통신망(LTE-R)과 단말(차상단말, 휴대단말 등)은 KTCS-2개발을 통해서 확보한 것을 활용할 것임

[표 2.30] 기존 열차제어시스템 및 관련 기술 활용 가능성 분석

	활용 가능한 기술 및 내용	비고
궤도회로	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차검지용으로는 활용하지 않음</li> <li>- 궤도절손 검지용으로 활용할 수 있음(UWB기술 적용)</li> <li>- 지상설비제로화에 맞는 궤도절손 검지기술 개발 필요</li> </ul>	
지상자 지상자 리더기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- KTCS-2에서 열차위치보정용으로 개발한 지상자를 활용</li> <li>- 또한 개발한 BRM(Balise Reader Module)도 활용함</li> <li>- KTCS-2에서 구축한 무선통신망 LTE-R 활용</li> </ul>	
무선통신(LTE-R) 및 단말기	<ul style="list-style-type: none"> <li>: 호남고속선(익산~정읍역)에 구축된 LTE-R 활용함</li> <li>*호남고속선의 무선통신망 개량은 2020년 이후로 예상</li> <li>- KTCS-2에서 개발한 LTE-R용 단말기 활용</li> <li>: 차상단말 및 휴대단말</li> </ul>	열차제어용으로 사용
전자연동장치	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 궤도회로(또는 가상폐색)의 열차검지정보를 이용한 연동논리 활용</li> <li>: KTCS 1의 WATP와 전자연동장치간 인터페이스 규격 적용(KRS 규격 제정)</li> </ul>	
관제설비(CTC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- KTCS-M 및 KTCS-2의 실시간 열차위치정보 활용</li> <li>: 지상제어장치의 실시간 열차위치정보를 이용한 열차추적</li> <li>: 열차진로 요청</li> <li>: 열차운전패턴 생성</li> <li>: 열차운행스케줄 생성 및 갱신</li> <li>: 열차상태 실시간 감시 및 원격제어 등 활용</li> <li>- 새로이 개발해야 할 기술</li> <li>: 열차운행스케줄을 초단위로 관리하는 기술</li> <li>: 열차조성에 따른 역정차시간 및 역정차위치 관리기술</li> </ul>	
지상제어장치 (ATP 또는 RBC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- KTCS-2의 이동권한 설정원칙 활용</li> <li>- KTCS-2의 정적속도프로파일(MRSP) 활용</li> <li>- 새로이 개발해야 하는 기술</li> <li>: 다양한 열차조성에 대한 이동폐색방식의 이동권한 설정</li> <li>: 열차 자동분리 및 결합(장치제작 및 시험은 제외)</li> <li>: 열차조성에 따른 열차정차위치 관리기술</li> </ul>	

<b>차상제어장치 (ATP/ATO)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- KTCS-2의 열차속도프로파일 작성원칙 활용</li> <li>- KTCS-M의 자동열차운전속도프로파일 작성원칙 활용</li> <li>- 새로이 개발해야 하는 기술                             <ul style="list-style-type: none"> <li>: 열차출발지연시간을 회복하기 위한 ATO프로파일 생성</li> <li>: 열차조성 변경에 따라 ATP 및 ATO프로파일 자동 생성</li> <li>: 역진입 최고속도에서의 정위치정차제어</li> </ul> </li> </ul>	
-----------------------------	--	--

- 현재 유럽의 Shift2Rail의 신호·통신분야에서 정의한 연구주제에 대한 국내기술수준을 검토한 결과는 다음과 같음

Shift2Rail 연구주제 및 내용	국내 기술수준
Adaptable communications for all railways(모든 철도노선에 적용 가능한 통신) <ul style="list-style-type: none"> <li>- User requirements</li> <li>- Business model</li> <li>- Specification of the Communication System Guideline for a choice of Tech. mid-term impl.</li> <li>- Dev. of prototypes; test definition and Lab test</li> <li>- Field test</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도시철도와 일반·고속선에 적용할 수 있는 LTE-R통신망 및 서비스기술을 시험선에서 검증하였음</li> <li>• 확보한 기술에 대한 국제표준화 활동을 진행하고 있음</li> <li>• 적절한 사업모델발굴은 진행되어야 할 것으로 판단됨</li> </ul>
Smart radio-connected all-in-all wayside objects(선로변에 설치된 신호설비의 무선연결) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Analyses of existing lines and economic models</li> <li>- Analyses of railway requirements / standards</li> <li>- Definition of system architecture</li> <li>- Development and verification of PDs (Prototypes)</li> <li>- Validation (incl. Integration and Validation at SPD Level - paperwork at P1 / real integration P2</li> <li>- Optimisation Works</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선로변 신호설비는 최소화하는 기술이 개발되고 있으나, 선로전환기, 건널목장치, 안전설비 등을 운영하여야 함</li> <li>• 무선통신(LTE-R, 무선LAN)을 적용해서 열차 또는 지상에서 선로전환기, 건널목을 제어하고 관리하는 기술을 개발하였음</li> <li>• 상용화를 위해서 열차제어시스템과 연계하고 안전성을 인증하는 등의 개발이 요구됨</li> </ul>
Fail-Safe Train Positioning (including satellite technology) (안전측 동작을 지원하는 열차위치검지 방식-위성방식 포함) <ul style="list-style-type: none"> <li>- General Specification</li> <li>- On site GNSS performance tests</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GPS, 발리스, 관성센서를 이용하여 열차위치를 확인하는 기술을 확보하였음(상용화를 위한 안정화 연구 필요)</li> <li>• 열차분리사고가 발생하는 화물열</li> </ul>

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analysis of the results of the GNSS Performance test activities</li> <li>- Analysis of the technical solutions for optimizing the GNSS performances in railway environment and proposal for the demonstrators</li> <li>- Proof of concept GNSS based localisation devices</li> <li>- Process for validation in lab and on field</li> <li>- Lab tests</li> <li>- Update of the technical specifications according to the full test campaign results</li> <li>- Development of Prototypes</li> <li>- Field activities: integration and commissioning tests, validation and certification of the prototypes</li> </ul>	<p>차용으로 열차위치를 검지하는 기술은 확보하지 못한 상태(유럽과 비슷한 상황)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차위치검지방식선정, 개발규격서작성, 시제품개발 등 전반적인 연구개발이 요구됨</li> </ul>
<p>Traffic management evolution(혁신적인 열차운행관리)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Integration Layer</li> <li>- Shell for Applications in the TMS (Application Layer)</li> <li>- Framework for Traffic Management Business Service</li> <li>- Applications</li> <li>- Standardized Operator Workstation</li> <li>- Functionalities and Interfaces for Dynamic Demand and Information Management</li> <li>- Integrated Demonstrator</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도시철도, 일반철도, 고속철도용 열차운행관리기술을 확보해서 상용화하고 있음</li> <li>• 이동폐색, 무선통신망 적용에 따른 실시간 열차위치정보, 열차상태정보를 활용하여 새로운 서비스 발굴, 승객에 대한 실시간 정보제공 등 연구개발이 요구됨(유럽과 유사한 상황)</li> </ul>
<p>Railway network capacity increase (ATO up to GoA4 - UTO)(철도망의 수송능력 향상-GoA4 포함)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ATO over ETCS - GOA2 Specification</li> <li>- ATO over ETCS-GOA2 Prototype Development</li> <li>- GOA2 Reference Test Bench Demonstration</li> <li>- GOA2 Pilot Line Demonstration</li> <li>- ATO over ETCS - GOA3/4 Feasibility Study</li> <li>- ATO over ETCS - GOA3/4 Specification</li> <li>- ATO over ETCS - GOA3/4 Prototype Development</li> <li>- GOA3/4 Reference Test Bench Demonstration</li> <li>- GOA3/4 Pilot Line Demonstration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도시철도에 적용할 수 있는 무인운전기술을 개발하였으며, 상용화를 준비하고 있음(신림선, 동북선 등)</li> <li>• 일반철도와 고속철도에 적용하기 위한 자동열차운전기술의 연구·개발사례 없음(유럽은 GOA2수준의 ATO기술을 개발하였으며, 규격마련중)</li> <li>• 도시철도의 ATO기술을 일반·고속철도에 활용할 수 있으나, 복잡한 운영조건을 만족하기 위해서는 연구개발이 요구됨</li> </ul>

<p>Moving Block(이동폐색)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Moving Block Operational and Engineering Rules</li> <li>- Moving Block System Specifications</li> <li>- Product Specifications</li> <li>- Safety and Security Analysis</li> <li>- Prototype Developments</li> <li>- Test Specifications</li> <li>- Technology Demonstrators</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도시철도를 대상으로 이동폐색기술을 개발하였고, 시험선에서 기능과 성능을 검증하였음(현재 상용화 준비)</li> <li>• 일반철도와 고속철도용 이동폐색을 확보하기 위해서 도시철도용 이동폐색기술의 적용가능성을 연구하였음</li> <li>• 도시철도, 일반·고속철도, 한산선에 공통으로 적용하기 위한 하드웨어개발이 필요함(비용절감)</li> </ul>
<p>On-board Train Integrity(열차무결성)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Train Integrity Concept</li> <li>- Definition of Requirements</li> <li>- Technology Research and Development</li> <li>- Adaptation of existing solutions</li> <li>- Demonstration and Assessment</li> <li>- Standardisation proposal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 화물열차와 여객열차로 구분하여 방식을 선정하고 제반 연구개발을 진행하여야 함(유럽과 비슷한 상황)</li> </ul>
<p>Zero on-site testing (control command in lab demonstrators) (현장시험 최소화)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Assessment of status quo in field test and benchmarking</li> <li>- Definition of test process</li> <li>- Define general architecture for test environment</li> <li>- Define generic communication model</li> <li>- Develop/ validate test environment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개념이 정립되지 않은 단계이며, 관련 기관의 필요성(요구사항)에 대한 조사도 미비한 수준으로 판단됨</li> </ul>
<p>Virtually - Coupled Train Sets (VCTS) (열차군 집주행)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Virtual Coupling Concept</li> <li>- Safety and Performance Analysis</li> <li>- Feasibility Analysis</li> <li>- Functional Architecture SAS and FRS</li> <li>- Functional Architecture FIS</li> <li>- Impact analysis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원천연구를 진행중(철도연 자체 사업)</li> <li>• 연구개발범위에서 제외</li> </ul>
<p>Formal methods and standardisation for smart signalling systems(열차제어시스템에 적용하기 위한 정형기법과 표준화)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Formal methods</li> <li>- Standardized interfaces</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도시철도용 열차제어시스템 SIL4인증을 통해서 formal method를 지원하는 개발툴 구축, 프로그램개발 등 수행</li> <li>• 열차제어시스템에 적용하기 위한 Formal method의 규격화(제도</li> </ul>

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

<p>Cyber Security(사이버 보안)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definition of a cyber-security system dedicated to railways</li> <li>- Application of the cyber-security methodology to signalling system</li> <li>- Develop a network of Railway Cyber Security Experts</li> </ul>	<p>화) 작업이 요구됨</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 일반·고속철도용 열차제어시스템(KTCS-2)의 암호화기술을 개발중</li> <li>• 전과장애(재밍), 침입 등에 강인한 보안기술을 개발중</li> </ul>
--	---

## 5절 국내 연구개발 인프라 분석

### 1. 개요

- KTCS 국가 R&D 산업을 바탕으로, 철도 통신에서 이제는 기존의 GSM 또는 TETRA 방식에서 4세대 이동통신인 LTE 방식으로 변화하고 있는 여건이 조성
- 중국을 비롯한 세계 여러 나라에서도 이미 LTE를 기반으로 한 열차 통신 시스템을 구축하는 가운데 있음

### 2. 기술개발 SWOT 분석

기술 동향, 기술 수준, 연구 인프라 및 연구개발 역량, 지적재산권 확보 가능성 등을 종합적으로 분석하여 Strength(강점), Weakness(약점), Opportunity(기회), Threat(위협) 요인을 분석함

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

[표 2.31] SWOT 분석

강점 (Strength)	약점 (Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국토부의 철도신호시스템의 R&amp;D장기전략 수립에 의한 정책지원 확보</li> <li>○ 지속적인 KTCS 연구개발사업추진을 통하여 관련 핵심기술 및 개발인력 확보</li> <li>○ 세계적인 수준의 IT 및 무선통신기술, 소프트웨어기술 확보</li> <li>○ 관계부처 중심의 신속한 전략, R&amp;D방향 합의</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 신호업체의 실용화 실적 부족               <ul style="list-style-type: none"> <li>-시스템단위 연구개발성과품에 대한 실용화 지원정책이 미진함 (지자체와 관련된 경우, 지자체의 재원확보문제로 실용화 지연)</li> </ul> </li> <li>○ 국내 신호시장이 협소한 관계로 전문기업의 체계적인 연구개발 추진역량 부족               <ul style="list-style-type: none"> <li>-국내 전문기업이 장기간의 연구개발을 수행하였으나, 상용화 성과가 적은 상태</li> <li>-전문기업 참여를 위한 충분한 연구개발비 지원 필요</li> </ul> </li> <li>○ 사용자, 대기업, 중소기업간 협력체계 부족               <ul style="list-style-type: none"> <li>-유사장치 중복제작을 통한 과당경쟁</li> </ul> </li> <li>○ 안전성과 신뢰성을 검증하기 위한 인프라 부족</li> <li>○ 정부의 R&amp;D장기전략에 개발시스템을 상용화하기 위한 정부의 구체적인 계획 부족</li> </ul>
기회요인 (Opportunity)	위협요인 (Threat)
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 전 세계적으로 열차제어시스템 관련 시장이 점차 늘 것으로 예상됨에 따라 관련기술의 국내 시장뿐만 아니라 해외진출 가능성 제고</li> <li>○ 고속철도중심의 국가교통망 구축</li> <li>○ 고속철도신호설비 및 일반철도 신호설비의 교체시기 도래               <ul style="list-style-type: none"> <li>-한국형 철도신호시스템 구축계획 수립(국토교통부, 2017.5)</li> </ul> </li> <li>○ 철도통합무선망 주파수 확보에 따라 무선통신을 활용한 다양한 연구개발 가능               <ul style="list-style-type: none"> <li>-원주~강릉, 김포경전철 등 LTE-R구축사업 진행</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발 투자의 중단(또는 감액)으로 인한 차세대 열차제어시스템 핵심기술 개발에 대한 기회 상실</li> <li>○ 해외 선진국의 막대한 자본력과 연구 인프라를 바탕으로 하는 기술개발로 인해 또 다시 차세대 열차제어시스템 기술에 대한 기술 종속 우려               <ul style="list-style-type: none"> <li>-개발인프라확보의 제한(시험선, 시험차량, 시험시간 등)으로 연구개발지연, 종합성능시험평가의 완성도 부족, 충분한 시범운행 실적 확보 등이 곤란</li> </ul> </li> <li>○ 해외 선진국 제품의 시장 선점에 따른 국내외 시작에 대한 진입 장벽 높음</li> <li>○ 중국 등 후발 국가의 기술도약, 투자 및 시장 점유 확대</li> <li>○ 국내기술에 대한 막연한 불안감(불신)</li> </ul>



## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

### 3. 연구진의 연구개발 역량

- 신호시스템의 철도차량, 궤도, 시설, 운영 등 철도 전반적인 지식이 없이는 개발이 불가능하며 이러한 지식은 단기간에 습득이 불가능하며 신규 제어시스템의 개발을 성공적으로 수행하기 위해서는 관련 개발경험이 필수적임
- 국내 연구원 및 산업계의 경우 국가 연구개발과제를 통해 열차제어시스템 설계제작 및 시험평가 기술을 확보하고 있음
- 특히, 국내에서는 한국철도기술연구원을 주관으로 삼성SDS, 현대로템, LS산전, 포스코 ICT, 삼성전자가 참여한 국가 연구개발과제, 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 표준체계 구축 및 성능평가(2010~2014)를 통해 한국형 무선통신기반 열차제어시스템(KTCS: Korean Train Control System)과 LTE 기반으로 철도전용 통합무선망을 성공적으로 개발하였으며 관련 기술을 보유하고 있는 상황
  - 최근 일부 기업 경영전략 수정으로 철도사업분야 철수, 보류 등의 변화가 있음
- 한국철도기술연구원은 실용화된 KTCS 도시철도용을 활용하여 고속철도와 일반철도로 확대적용하기 위한 연구를 수행하였고, 현재 고속열차해무를 활용하여 시험하고 있음

### 4. 기 확보한 연구개발성과의 활용

- 차세대 열차제어시스템개발성과는 조속한 상용화가 요구되며, 이를 위해서는 현재까지 확보한 기술의 활용도를 높이는 것이 요구됨
- 무인운전을 지원하는 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 기술은 고속철도 자동운전기술확보에 활용할 수 있으며, 일반·고속철도용 열차제어시스템 기술은 고속열차의 속도제어기술을 활용하는데 충분히 사용할 수 있을 것으로 판단

[표 2.32] 현재 확보된 기술·장치 및 활용가능성

기술 및 장치		도시철도용 KTCS	일반·고속철도용 KTCS	비고
하드 웨어	지상자동열차보호장치	WATP장치 개발	RBC장치 개발	SIL4인증장치 활용
	자동열차감시장치	ATS개발	모의장치 개발	ATS활용
	열차위치보정용 지상자	Tag구입	유로 Balise 개발	유로balise
	정위치 정차용 검지기	주문제작	-	주문제작
	연동장치	EI제작	인터페이스장치 개발	EI활용
	무선통신망	무선LAN/LTE-R	LTE-R	LTE-R
	차내자동열차보호장치	OATP	ATP	SIL4인증장치 활용
	차내무선통신장치	무선LAN/LTE-R	LTE-R	LTE-R
	운전자표시장치	ADU	ADU	ADU

## KTCS-3 후속연구 기획보고서

	열차위치검지용 지상자안테나	Tag안테나	BTM	BTM
	속도검지기	엔코더 구매	엔코더 구매	엔코더 구매
	자동열차운전장치	OATP	-	OATP 활용
	가속도센서	-	-	-
	정위치정차용검지장치	초음파센서 구매	-	센서선정 및 구매
ATP 기능	장치기동	개발	개발	활용
	열차운전관리	개발	확인중	활용
	열차출발승인	개발	확인중	활용
	열차위치결정	개발	개발	활용
	열차이동권한결정	개발	개발	활용
	열차목표지점결정	개발	-	활용
	정적속도프로파일결정	개발	개발	일반,고속용 활용
	동적속도프로파일결정	개발	개발	일반,고속용 활용
	열차속도결정	개발	개발	일반,고속용 활용
	열차실속도 및 방향 결정	개발	개발	일반,고속용 활용
	열차속도감시	개발	개발	일반,고속용 활용
	열차출입문제어연동	개발	-	활용
	열차내 비상상황 조치	개발	-	미적용
	자동열차보호영역관리	개발	개발	활용
ATO 기능	열차 awake/sleep	개발	-	미적용
	ATO프로파일 결정	개발	-	활용
	인칭제어	개발	-	미적용
	열차속도제어	개발	-	활용
	출입문제어	개발	-	활용
CTC 기능	열차시각표 관리	개발	-	활용
	열차실시간추적	개발	개발	활용
	열차진로제어	개발	-	활용
	열차출발조정	개발	-	활용
	열차속도제어	개발	-	활용
	열차출발금지	개발	-	활용
	승강장스크린도어제어	개발	-	미적용
	인칭제어	개발	-	미적용
	출입문제어	개발	-	미적용
	열차 awake/sleep제어	개발	-	미적용
연동 기능	연동기능	인터페이스기능개발	-	활용
	열차분리검지장치	-	-	개발
	레일절손검지장치	-	-	개발
	기존 신호설비 상호운영기술	-	-	개발

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

### 5. 인프라 설비

#### 가. 시험선로

- 신규 열차제어시스템 개발에 있어서 가장 주요한 인프라 요소는 시험선로의 확보이며 연구개발의 시험선은 현재 건설 중인 12.9km 규모의 철도종합시험선(2014-2018)을 활용할 수 있을 것으로 예상
- 특히 차량의 정차시험과 승강장 연계시험을 고려한 부 본선과 시험선로 착발 및 유치선 등을 확보하고 있어 향후 본 과제수행에 있어서 테스트베드 구축이 용이할 것으로 판단됨



[그림 2.100] 오송 시험선 테스트베드 구성도

- 신호분야에서 총26개 항목, 40종을 시험하고, 통신분야에서 총12개 항목, 12종을 시험할 수 있도록 아래 표와 같은 설비를 구축할 예정임(LTE-R망 구축)

[표 2.34] 구축 예정 인프라 설비

시험대상체	세부시험 항목	시험항목관련 시설계획
전기 선로전환기	전기선로전환기 성능시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기설치 시설 활용 교체시험</li> </ul>
	전자크리치 시험 - 전자크리치가 슬립하는 전류값을 측정하는 시험	
	인터페이스 시험 - 궤도부근 접속하여 선로전환기의 동작 확인	
선로전환기 기능감시장치	전기선로전환기 전원전압, 전류검지시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제어회선 등 케이블 포설</li> </ul>
	전기선로전환기 동작 성능 시험	
신호기	신호현시상태시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐색신호기주 활용</li> </ul>
	- 일정거리에서 신호기의 현시상태 확인시험	
	작동시험 - 신호기 동작시험	

	<p>소등검지시험</p> <p>주,야간 자동 밝기 조정시험</p>	
<p>자동열차 정지장치 (ATS)</p>	<p>전기적 특성시험 -공진주파수, 차상응동, 현장성능시험</p> <p>주파수 응동시험 -ATS지상자 코일의 공진주파수를 측정 기로 측정시험</p> <p>열차증속시험 -열차운행속도에 따른 ATS지상자의 동 작여부 확인시험</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선로 사이 활용</li> </ul>
<p>자동열차제어장치 (ATC) 자동열차운전장치 (ATO)</p>	<p>지상-차상 속도코드전송시험 -지상에서 25km/h 45km/h등 자동열차 제어용 속도코드를 전송하면 차상에서 수신하여 열차를 제어하는 동작을 확인</p> <p>속도제어로직 실내설비와 현장설비 전송 시험 -선행열차의 위치에 따른 속도코드 생성 내용 확인시험</p> <p>열차증속시험</p> <p>정위치정차제어 -정거장의 플랫폼에 정해진 위치에 열차 가 자동으로 정차하는 것 확인, 위치 오 차 확인</p> <p>불연속정보 전송시험</p> <p>EMI/EMC시험</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정차표시등 설치</li> <li>• 선로변 및 실내</li> <li>• 설치공간 확보</li> <li>• 기기실과 현장간 제어회 선, 전원회선 케이블 확 보</li> </ul>
<p>자동열차방호장치 (ATP) ERTMS Level1</p>	<p>발리스응동시험 -열차가 지상에 설치된 발리스를 통과할 때 발리스가 전송하는 텔레그램을 정확 히 수신하여 MMI에 표시 하는가 여부 시험</p> <p>신호기와 LEU 연계시험 -신호기의 현시상태(G,Y,R)에 따라 LEU 가 텔레그램을 전송하는지 여부시험</p> <p>상호운영성 시험 -차상장치, 지상장치를 다른 제조업체의 제품을 혼합 설치하고 확인, 상호 이상 유무 확인</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기기실 설비 교체 활용</li> </ul>
<p>ERTMS Level2</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•RBC-차상 연계시험</li> <li>•관제실-RBC간 연계시험</li> <li>-RBC(Radio Block Center)에서 무선으</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실내설비 설치공간 확보</li> <li>• 통신분야 무선설비 활용</li> </ul>

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

	<p>로 운행중인 열차에 열차제어 정보를 전송하면 열차는 이 정보를 수신하여 정확히 동작하는 확인시험</p> <p>상호운영성 시험</p> <p>-자상장치, 지상장치를 다른 제조업체의 제품을 혼합 설치하고 확인, 상호 이상 유무 확인</p>	
KTCS	<p>정적시험</p> <p>-관련제품들의 차상-지상-무선통신설비 간 현장에 조립 설치 후 열차 정지 상태에서 시험</p> <p>열차운행시험</p> <p>-KTCS설치 열차를 운행하면서 각 속도 대별 동작 확인 시험</p> <p>영업모의시험</p> <p>-실제 영업 상황을 고려한 열차 운행시험 안전성과 신뢰성 시험 및 영상을 포함한 여객 서비스 내용도 함께 시험</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실내설비 설치공간 확보</li> <li>• 통신분야 무선설비 활용</li> </ul>
연동장치	<p>궤도회로, 선로전환기, 신호기, 폐색장치 등 신호 연쇄조건 확인</p> <p>연동시험</p> <p>-연동도표에 의한 각종 쇄정시험</p> <p>전자파 적합성시험</p> <p>-각 모듈의 전자기기에서 발생하는 전자파시험 및 외부 전자파의 영향 시험</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실내설비 설치공간 확보</li> <li>• 기기실 현장설비 활용</li> </ul>
CTC 열차집중제어장치	<p>정보전송시험</p> <p>인터페이스 시험</p> <p>-관제설비 컴퓨터와 주변기기간의 인터페이스 전기시계,행선안내, 안내방송장치 등 타분야 기기간의 인터페이스 확인</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실내설비 설치공간 확보</li> <li>• 통신분야 무선설비 활용</li> </ul>
건널목 장치	<p>건널목경보장치 시험</p> <p>-시험선로 횡단개소에 설치하여 열차접근 경보동작시험</p> <p>건널목전동차단기 시험</p> <p>-시험선로 횡단개소에 전동기를 사용한 건널목 전동차단기 동작시험</p> <p>건널목제어유니트 시험</p> <p>-시험선로 횡단개소에 설치하여 보안시설을 제어하는 건널목제어유니트 성능시험</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건널목1개소 설치</li> <li>• 설치공간 확보</li> <li>• 케이블 포설</li> </ul>
자동폐색장치(ABS)	<p>각부 성능시험</p> <p>-궤도회로의 정보에 의해 신호 현시 확인</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기설치 시설 활용</li> <li>• 교체시험</li> </ul>

	<p>현시계열별 신호현시시험</p> <p>-역간폐색분할에 따른 현시계열시험</p> <p>정보전송시험</p> <p>-고장정보 등의 전송시험</p>	
<b>궤도회로</b>	<p>성능시험</p> <p>-실제궤도상에 열차가 주행 할 때 궤도회로의 단락 여부확인</p> <p>단락감도시험</p> <p>-열차가 궤도를 점유 했을때 차축저항에 의한 동작 여부 시험</p> <p>진동시험 및 인터페이스 시험</p> <p>종합모의시험</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 궤도에 터미널 부착</li> <li>• 별도 케이블 포설</li> </ul>
<b>차축온도검지장치 (HBD)</b>	<p>열차검지시험</p> <p>-열차의 차축(Axle Box)온도를 측정하기 위한 적외선 센서의 셔터를 열기 위해 차륜이 일정구간 도달 한 것을 정확히 검지하는지 확인</p> <p>온도검출시험</p> <p>-Axle Box의 의 온도를 적외선 센서로 측정</p> <p>정보전송시험</p> <p>-측정된 Data를 중앙 처리장치로 오류없이 전송 및 Data 처리를 하는지 여부 확인</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 궤도부분에 설치를 위한 터미널 부착</li> <li>• 제어회선 등 케이블 포설</li> </ul>
<b>밀착검지기</b>	<p>밀착간격시험</p> <p>진동시험</p> <p>-분기기 침단레일과 기본레일 간 밀착도 시험</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기설치 시설 활용 교체시험</li> </ul>
<b>Axle Counter (차축계수기)</b>	<p>열차검지시험</p> <p>-레일에 부착하여 열차가 통과할때 정확히 차축의 수를 세는지 확인시험</p> <p>-차륜의 형태에 따른 오류발생 여부시험</p> <p>정보전송시험</p> <p>-현장센서의 검지 data를 중앙처리장치에 정확히 누락없이 전송하는지 여부시험</p> <p>진동시험</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제어회선 등 케이블 포설</li> </ul>
<b>터널경보장치</b>	<p>경보확인</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제어회선 등 케이블 포설</li> </ul>
<b>지장물검지장치</b>	<p>-검지선 검지시험</p> <p>-전송시험</p> <p>-종합성능시험</p> <p>진동시험</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제어회선 등 케이블 포설</li> </ul>

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

선로횡단안전장치	종합성능시험	• 제어회선 등 케이블 포설
열차접근경보장치	종합성능시험	• 제어회선 등 케이블 포설
	진동시험	
플럼물체 검지장치	검지성능시험	• 제어회선 등 케이블 포설
	진동시험	
분기기히팅장치	원격조작시험	• 기시설 설비 교체 활용 • 1개소반영
	소비전력시험	
	인터페이스시험 - 계도에 히터접속하여 융설 동작 확인	
레일온도검지장치	온도편차확인시험	• 제어회선 등 케이블 포설
	데이터 전송시험	
기상검지장치	강우검지시험	• 제어회선 등 케이블 포설
	풍속검지시험	
	적설량검지시험	
지진감시장치	종합성능시험	• 제어회선 등 케이블 포설
PSD (스크린도어)	PSD 인터페이스 시험	• 제어회선 등 케이블 포설
전송설비	시스템 백업 및 복구기능 확인	• 기시설 시설 활용 교체 시험
	고속부SNCP 망구성 및 보호절체 확인	
	운용S/W를 통한 경보/제어/절체/성능감시	
	DS1E 유니트는 보호절체를 지원	
	장비는 이중화된 전원을 사용하며 안정적인 동작	
	데이터 백업 및 복원기능 확인	
	경보 및 성능 감시 기능 확인	
	DS1U 유니트절체 기능 확인	
	장비는 이중화된 전원을 사용하며 안정적인 동작	
	출력 유니트 이중화 구조로 절체 확인	
입력 동기원 절체 및 복귀 확인		
시스템 구성 정보 GUI를 통해 확인		
열차무선설비	장비는 이중화된 전원을 사용하며 안정적인 동작	• 기시설 시설 활용 교체 시험
	광 송수신기 검출 시험	
	경보 및 성능 감시 기능 확인	
	장비는 이중화된 전원을 사용하며 안정적인 동작	
	광 송수신기 검출 시험	
	경보 및 성능 감시 기능 확인	
	장비는 안정된 전원을 사용하며 정상적 동작	

	휴대무선단말기 정상적으로 동작 LTE-R기지국 기준 무선신호 커버리지 수신 및 송신 성능시험 LTE-R기지국 기준 상향링크 주파수대역 성능시험 LTE-R기지국 기준 하향링크 주파수대역 성능시험 LTE-R기지국 기준 현장성능 시험	• LTE-R 기지국 장비의 효율적 활용을 위한 안테나폴과 전원 및 광선로단 자함 설치
역무용통신설비	장비에 안전한 전원 사용 및 동작상태 확인 영상설비의 망관리 감시(NMS, TNMS) 기능 확인 장비에 안전한 전원 사용 및 동작상태 확인 방송설비 성능 감시 기능 확인 장비에 안전한 전원을 사용 및 동작상태 확인 교환설비 경보 및 성능 감시 기능 확인 장비에 안전한 전원을 사용 및 동작상태 확인 정보통신설비 망관리감시(NMS, TNMS) 기능 확인	• 기설치 시설 활용 교체시험

나. 시험차량

열차제어시스템 테스트 베드 구축을 위해 최소 2편성 이상의 시험열차가 확보되어야 하며 시험열차의 확보를 위해 기존 국가연구개발 사업을 통해 개발된 시제차량을 활용하는 방법과 운영기관에서 보유하고 있는 유휴편성을 임대하여 활용하는 방법 등이 있으며 시제차량의 노후화 정도, 시험선 구축 시기, 시험환경 등을 종합적으로 고려하여 시험열차를 확보하여야 함

(1) HEMU-430

- 동력집중식 고속열차 KTX나 KTX-산천 차량과는 달리, 큰 점착력이 요구되는 300km/h 이상의 고속 주행에 적합한 동력분산식으로 설계되었음



[그림 2.101] 고속열차 해무

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

구 분	사 양
전기 방식	• 교류 25,000V 60Hz
제어 방식	• VVVF-IGBT
영업 최고 속도	• 405 km/h
설계 최고 속도	• 475 km/h
전동기 출력	• 410 kW
편성 출력(시제차)	• $410 \times 20 = 8,200$ kW(1만마력)
영업차	• $410 \times 24 = 9,840$ (1만1천640마력) kW
구동 장치	• 유도전동기, 영구자석 동기전동기
제동 방식	• 회생제동 병용 전기지령식 공기제동
MT비	• 시제차 5M1T, 영업차 6M2T

### (2) KTX-산천

KTX-산천(KTX-山川) 및 SRT는 시험차량 HSR-350x의 기술을 바탕으로 현대로템에서 제작하고 한국철도공사와 에스알티(SRT)에서 운용하는 고속철도 차량으로 동력 집중식임



[그림 2.102] 고속열차 산천

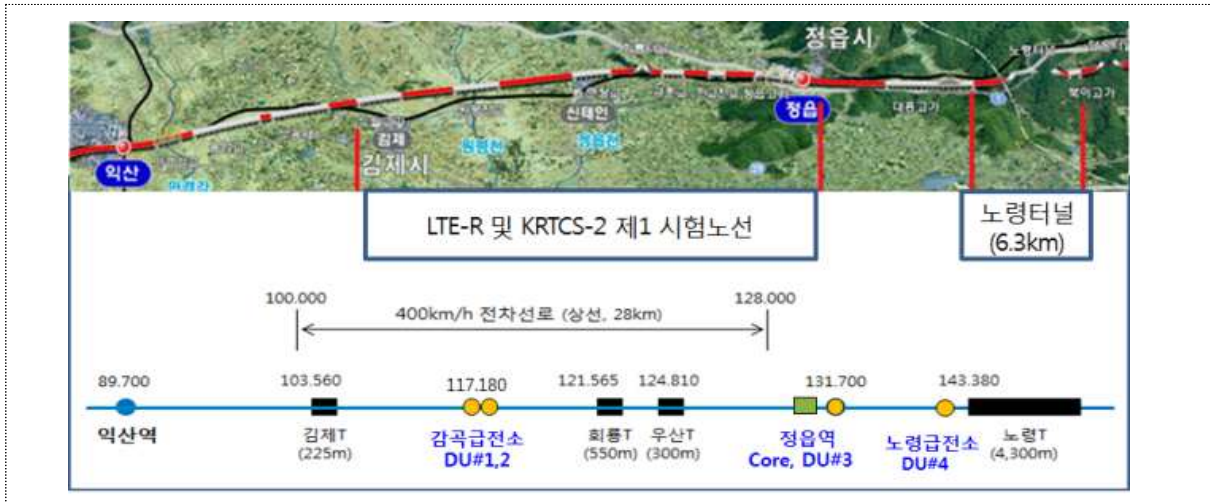
구 분	사 양
동력 방식	• 동력집중식
전기 방식	• 교류 25,000V 60Hz
제어 방식	• VVVF-IGBT 1C2M 제어

영업 최고 속도	• 305 km/h
설계 최고 속도	• 110000호대~130000호대: 330 • 140000호대: 350 km/h
전동기 출력	• 1,100 kW
편성 출력(시제차)	• 8,800 kW
견인력	• 210 kN
구동 장치	• 농형 3상 유도전동기
제동 방식	• 회생제동, 발전제동, 마찰제동, 담면제동
MT비	• 시제차 5M1T, 영업차 6M2T
신호보안 장치	• ATS(ATP), TVM430(ATC) [수동운전]

### 다. 시범노선

- 열차제어시스템의 완성도를 높이고, 상용화 실적을 확보하기 위해서는 영업노선과 영업 열차에 개발시스템을 구축하여 시범운영할 수 있는 시범노선을 확보하는 것이 필요함
- 시범노선을 운영하기 위해서는 무선통신망(LTE-R)이 구축되어 있어야 함
  - 현재 구축된 노선(구간)
    - 경강선 원주~강릉 고속화 구간
    - 호남고속선 익산~정읍구간(KTCS 2단계 시험노선)
  - 2018년 이후 구축계획 노선
    - 경부고속철도 1단계 구간(서울~동대구)
- 현 단계에서 시범노선으로 고려할 수 있는 노선은 호남고속철도노선이 적절한 것으로 판단되며, 다음과 같은 보완작업이 필요함
  - ATP지상장치와의 상호운영성검증을 위해서는 LTE-R을 광주송정역까지 연장설치
  - ATP지상장치 설치구간은 정읍역, 광주송정역~목포역구간 임

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석



## 6절 활용 가능성

### 1. 활용성 전략

- ‘한국형 철도신호시스템 구축계획(국토교통부, 2017.4)’에 따라 신설 및 개량시기가 도래하는 노선에 단계적으로 설치하여 ‘29년까지 모든 신호시스템을 KTCS-2로 교체함
  - KTCS-2의 차상장치는 기존 신호설비(ATS, ATP)와 상호운영성을 가지므로 ‘18년 이후 신규로 도입되거나 내구연한이 도래한 차상장치부터 개량
  - 노선 간 연계운행을 할 수 있도록 국가 철도망 및 국가 철도망과 연계되는 모든 철도 노선에 KTCS-2 지상장치를 적용함
  - 실용화 검증결과 및 중장기 구축계획(안)을 토대로 매년 철도공단·공사가 사업시행 계획을 수립하고 국토교통부의 승인을 받은 후 추진(‘18~)
  
- 2020년 12월 KTCS-3 열차제어시스템의 개발이 완료되면 후속연구사업을 통하여 현장시험을 수행하여 성능을 검증하고 KTCS-2의 열차자동운전(ATO) 구현을 포함한 기존 신호설비(ATS, ATP)와 상호운영성을 검증
  - KTCS-3 상용화를 위한 시범 운영을 실시하고, 국토부에서 중장기 구축계획(안)을 조정 한 후 철도공단·공사가 사업시행계획을 수립하도록 함

### 2. 기대효과

- 차상장치 개량비 절감비용
  - 시스템 A는 현재 고속철도차량에 탑재된 차상ATC장치이며, 해당 단가가 7억원이며, 총 285량에 1,999억원이 설치되었음
  - 시스템 B는 개발될 차세대 열차제어시스템의 차상ATP/ATP이며, 해당 단가가 5%정도 높은 7.35억원이며, 총 285량에 설치할 경우, 99.75억원의 비용상승이 예상됨

(단위 : 백만원)

구분	차량대수	시스템 A*		시스템 B**		절감비용 (A-B)
		대당 단가	구축비(A)	대당 단가	구축비(B)	
고속차량	285	700	199,500	735	209,475	-9,975

\* 한국형 신호시스템 구축계획(국토교통부, 2017.4)

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

\*\* ERTMS Level 3 Risks and Benefits to UK Railways(TRL, 2010)에서는 현 시스템 대비 5% 비용증대가 예상되며, 열차자동운전장치는 포함하지 않음

### ○ 지상장치 개량비 절감비용

- 시스템 A는 현재 개발된 KTCS-2의 지상설비(연동장치 및 주변장치 포함)이며, km당 구축비가 22.25억원이며, 총 645km에 1조4,262억원의 구축비가 소요됨
- 시스템 B는 개발될 차세대 열차제어시스템의 지상ATP(연동장치 및 주변장치 포함)며, km당 구축비가 25%정도 낮은 16.69억원이며, 총 641km에 설치할 경우, 3,563억원의 비용절감이 예상됨

(단위 : 백만원)

구분	노선길이* (단위:Km)	시스템 A**		시스템 B***		절감비용 (A-B)
		km당 단가	구축비(A)	km당 단가	구축비(B)	
고속철도	641	2,225	1,426,225	1,669	1,069,829	356,396

\* 경부고속철도, 호남고속철도, 수서-평택구간

\*\* 한국형 신호시스템 구축계획(국토교통부, 2017.4)의 KTCS-2(ETCS L2)구축비용 반영

\*\*\* ERTMS Level 3 Risks and Benefits to UK Railways(TRL, 2010), ETCS L2비용의 25%비용절감 반영

### ○ 유비보수비 절감비용

- 시스템 A는 현재 개발중인 KTCS-2의 지상설비(연동장치 및 주변장치 포함)이며, km당 유지보수비가 13.28억원이며, 총 581km에 104억원이 소요됨
- 시스템 B는 개발될 차세대 열차제어시스템의 지상ATP(연동장치 및 주변장치 포함)며, km당 유지보수비가 50%정도 낮은 8.95억원이며, 총 581km에 적용할 경우, 52억원의 비용절감이 예상됨

(단위 : 백만원)

구분	노선길이* (단위:Km)	시스템 A**		시스템 B***		절감비용 (A-B)
		km당 단가	유지비(A)	km당 단가	유지비(B)	
고속철도	581	17.90	10,400	8.95	5,200	5,200

\* 경부고속철도, 호남고속철도('15'년 유지보수비를 기준으로 하여 수서-평택구간

제외)

\*\* 한국형 신호시스템 구축계획(국토교통부, 2017.4)의 KTCS-2(ETCS L2) 유지보수 비용 반영

\*\* CBTC before/after cost effectiveness study(미국 FTA, 2011), 궤도회로방식 대비 철도신호설비 유지관리시간 및 유지관리비 50%이상 단축

○ 선로수송용량 확대

－ 시스템 A는 ETCS L1이고, 시스템 B는 차세대 열차제어시스템이며, 고속전용선에서 58.1%의 선로용량 증가가 예상됨

구분	시스템 A의 선로용량(A)	시스템 B의 선로용량(B)	용량증가율(B-A)
고속철도	100 %(고속선 전용)	158.1 %*(고속선 전용)	58.1

\* ‘Compendium on ERTMS(UIC, 2009), 고속전용선에서 차세대 열차제어시스템과 유사한 ETCS L3와 ETCS L1간의 선로용량 비교결과 적용

○ 차상장치 및 지상장치 증장기 구축계획

－ 차상장치 개량계획(철도공사)

구분		합계	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
합계	대수	1,648	149	177	313	293	204	106	92	131	135	48
	예산(억원)	8,240	745	885	1,565	1,465	1,020	530	460	655	675	240
고속차량	대수	285	6	7	24	14		46	46	46	48	48
	예산(억원)	1,425	30	35	120	70	0	230	230	230	240	240
전기기관차	대수	1,089	143	170	189	179	130	60	46	85	87	
	예산(억원)	5,445	715	850	945	895	650	300	230	425	435	0
디젤기관차	대수	274			100	100	74					
	예산(억원)	1,370	0	0	500	500	370	0	0	0	0	0

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

－ 지상장치 개량계획(철도시설공단)

유형	노선	총연장 (km)	구간		개통예정	사업비 (억원)	비고 (단계/개 통)
			시작	종료			
개 량 노 선	경부선	441.7	서울	부산	2021	663	2011
	경부2단계	130.7	동대구	부산	2024	2,908	2010
	호남고속선	182.4	오송	광주송정	2026	4,058	2015
	수서고속선	61.1	수서	지체연결	2028	1,359	2016
	호남2단계	66.8	광주송정	목포		100	2010
	경부1단계	267.5	금천구청	동대구	2029	5,950	2019

\* 노선 신설·개량 일정 등에 따라 변동 가능

## 7절 연구성과 실용화를 위한 관련 법령 검토 결과

### 1. 철도안전법

- KTCS-3 열차제어시스템을 고속철도(및 일반철도)에 현장시험을 수행한 후 적용하기 위해서는 철도안전법에서 규정한 철도차량 형식승인과 철도용품 형식승인을 준수하여야 함
- 철도용품의 형식승인은 철도용품기술기준에서 지정한 용품에 대해서 적용되며, 철도신호용품중 전자연동장치, 자동폐색제어장치, AF궤도회로장치가 해당되며, 본 기획과제에서 개발하는 ATP는 철도용품의 형식승인 대상이 아님

분류		주요 분야
시설 (지상설치) 용품	용품/궤도	보통레일, 접촉결연레일, PSC침목
	용품/신호통신	전자연동장치, 자동폐색제어장치, AF궤도회로장치
	용품/전력	-
	용품/전차선	전차선
공통적용기술 (전자제어장치, 시운전)	전자파환경	
	소음	
	진동/충격	
	온도환경	
	공력특성	
제작자 승인	품질관리체계	차량 및 차량용품, 궤도용품, 신호통신용품, 전력용품, 전차선용품

[그림 2.103] 철도용품 형식승인 기술분류

- 고속철도차량의 형식승인은 고속철도차량에 철도차량기술기준을 적용하여 진행되며, 고속철도차량에 설치된 신호장치는 형식승인대상에 해당됨
  - 철도차량기술기준의 주요내용은 다음과 같음
    - 안전 · 운행성능 · 인터페이스 · 운영 및 유지관리 · 운용한계
    - 주요장치별 설계 및 구조 요구사항
    - 부품 · 구성품 · 완성차 · 시운전에 대한 시험규격 등

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

분류		주요 분야
차량 시스템	차량/안전	차량한계, 주행안전, 충돌안전, 화재안전, 전기안전, 위험도분석, 소프트웨어
	차량/성능	운행조건, 운행성능
	차량/인터페이스	차량-전력, 차량-신호, 차량-통신, 차량-궤도, 차량-기관사
	차량/운영 유지관리	유지보수기준, 유지보수성, 유지보수자료
	차량/운용한계	안전운행, 신뢰성 및 가용성, 보건, 소음, 구원운전, 공기역학적특성
차량주요장치	차량/차체·설비	구조체설계, 구조체안전, 실내기압변화, 리프팅, 장애물제거기, 부식억제, 출입문, 승무원출입문, 출입문-스크린도어, 차량간 통로문, 냉난방 환기장치, 등구류, 의자 및 선반, 전면 유리창, 측면 유리창 및 기타, 운전실 및 비상탈출구, 승객용 비상출구, 경적, 열차 비상용품, 고압가스운송차량특수장치
	차량/주행장치	주행장치설계, 주행장치들, 윤축및차륜특성, 축상조립장치, 현가장치, 차체지지장치, 구동장치
	차량/제동장치	제동장치설계, 제동요구사항, 비상제동, 상용제동, 주차제동, 기초제동, 압축공기공급장치, 활주방지, 구원운전시제동, 제동상태표시
	차량/추진장치	설계요구사항, 인버터/컨버터, 견인전동기, 내연기관구조, 내연기관장치, 보호기능, 킥전장치, 비상운전, 피피기, 주류즈, 차단기, 필터리액터
	차량/보조전원장치	보조전원장치설계, 보호기능, 연장급전, 유도장애의역계, 보조전원용인버터, 축전지
	차량/신호	시스템일반, 자동열차정지장치, 자동열차방호장치, 자동열차제어장치, 자동열차운전장치
	차량/종합제어	종합제어장치설계, 운전상태확인장치, 열차운행기능, 출입문제어, 무인운전
	차량/연결장치	연결기, 통로연결장치
공통적용기술 (전자제어장치, 시운전)	전자파환경	
	소음	
	진동/충격	
	온도환경	
	공력특성	
제작자 승인	품질관리체계	차량 및 차량용품, 궤도용품, 신호통신용품, 전력용품, 전자선용품

[그림 2.104] 철도차량 형식승인 기술분류

- 철도운영자 및 철도시설관리자는 철도안전법에 의하여 철도안전관리체계 기술기준을 마련하여야 하며, 이 기준은 철도안전관리시스템, 열차운행체계, 유지관리체계로 구성됨
  - 유지관리체계는 철도차량 및 철도시설의 안전을 확보하기 위해 철도차량 노반 궤도 건축 전철전력 신호 통신 분야의 점검 보수 교체 및 개량 등 유지관리에 대한 유기적인 체계를 말함
  - 노후신호설비를 개량할 경우, 운영기관이 마련하고 있는 철도안전관리체계에 따라 진행되어야 하며, 다음 사항을 만족하여야 함
    - 철도차량 및 철도시설의 기술기준
    - 철도차량 형식승인 및 제작자승인
    - 철도차량 완성검사
    - 철도용품 형식승인 및 제작자승인
    - 종합시험운행
- 또한 철도시설기술기준규정하고 있는 기술기준을 준수하여야 하며, 한국철도표준규격(KRS)에 대해서는 적용규격이 없음

## 2. 철도산업발전기본법

- 철도산업발전기본법 제5조(철도산업발전기본계획의 수립)
  - 국토교통부장관은 철도산업의 육성과 발전을 촉진하기 위하여 5년 단위로 철도산업발전기본계획(이하 "기본계획"이라 한다)을 수립하여 시행하여야 하며, 본 기본계획에는 '철도기술의 개발 및 활용에 관한 사항'을 포함하여야 함
  - 관계행정기관의 장은 수립·고시된 기본계획에 따라 연도별 시행계획을 수립·추진하고, 당해 연도의 계획 및 전년도의 추진실적을 국토교통부장관에게 제출하여야 함
- 철도산업발전기본법시행령 제11조(철도산업구조개혁기획단의 구성 등)
  - 철도산업의 구조개혁 그 밖에 철도정책과 관련되는 업무를 지원·수행하기 위하여 국토교통부장관소속하에 철도산업구조개혁기획단을 두며, '철도산업구조개혁추진에 따른 전기·신호·차량 등에 관한 철도기술개발정책의 수립'을 지원함

## 제2장 국내외 동향 및 환경분석

### 3. 철도건설법

○ 철도건설법 제5조(철도망계획의내용)

- 철도망계획에는 철도의 중장기 건설계획, 다른 교통수단과 연계한 교통체계의 구축, 소요 재원의 조달방안 및 환경친화적인 철도의 건설방안을 포함함
- 그 밖에 국토교통부장관이 체계적인 철도건설사업을 위하여 필요하다고 인정하는 사항을 포함할 수 있음

### 4. 실용화를 위한 제도 개선

○ 철도안전법은 철도용품과 철도차량에 대하여 형식승인을 규정하고 있으며, 철도에 설치되는 차상신호장치는 철도용품에 포함되지 않고 있음

- 철도신호전문업체가 시스템을 개발·공급할 수 있도록 본 철도용품 형식승인 대상에 개발시스템을 반영하는 방안

- 유럽의 경우, 상호운영을 지원하는 기술기준(TSI)에 적용해야할 시스템개발규격을 명시하고 있으며,
- 위와 같이 시스템개발성과물(규격서, 프로토콜, 시험절차서 등)을 KRS로 우선 제정하고, 철도용품기술기준에 관련 KRS를 명시하여 철도건설·운영자가 개발품을 적용할 수 있는 근거를 마련함

- 또한 철도차량과 철도신호설비의 분리발주를 유도하여 철도신호전문업체가 시스템을 공급할 수 있는 여건 마련

○ 철도산업발전기본법은 철도산업발전기본계획을 수립하여야 하며, 철도건설사업을 체계적으로 구축해야 할 경우 필요한 사항을 기본계획에 반영할 수 있음

- 일반·고속철도의 수송용량향상, 안전성 향상, 운영비용 절감을 위해서 철도신호시스템을 체계적으로 구축하는 정책을 마련하여 발주처에서 해당 성과물을 발주할 수 있도록 함

○ 철도건설법에 의하여 국가철도망건설계획을 수립하여야 하며, 본 계획에는 철도기술의 개발과 활용에 관한 사항을 포함하도록 하고 있음

- 본 기본계획을 수립시 철도R&D과제의 성과물, 시범구축·운영 등을 포함하여 발주처에서 해당 성과물을 발주할 수 있도록 지원함

## 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

### 1절 비전 및 목표

#### 1. 비전 및 목표수립

- 국내 기술로 개발된 이동폐색 기반의 차세대 열차제어시스템(KTCS-3)의 실용화를 통한 국내 철도산업의 대외 경쟁력 강화 및 세계 시장 선도
  - 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템(KTCS-M) 개발(2010.12~2014.6), 일반·고속철도용 열차제어시스템(KTCS-2) 개발(2014.12~2017.6)을 통하여 ‘열차 신호시스템 표준화방안 통보(국토부, 2010.11)’의 KTCS 구축 단계별 추진전략을 완료하였음
  - 유럽의 철도산업혁신전략 등 외부환경의 변화에 선제적으로 대응하기 위해서는 고속철도의 자동운전을 포함하여 개발이 마무리되고 있는 차세대 열차제어시스템(KTCS-3)의 현장시험을 통한 성능검증으로 실용화하기 위한 연구개발사업의 지속적인 추진이 요구됨
- 이를 위하여 수송능력(효율성), 경제성, 서비스, 안전성을 열차제어시스템의 핵심 성능지표로 설정
  - 보다 빠르고 보다 높은 밀도로 승객을 수송하고, 위험요인을 사전에 감지하여 사고를 예방할 수 있도록 무궤도회로 기반의 열차제어기술을 개발하여 효율성과 안전성을 확보
  - 해외시장 선점과 국내 기존 신호설비와의 연계를 위해 기존 시스템과의 상호운영성 확보
  - 무선통신망 및 제어장치에 심각한 장애가 발생하여도 최소한의 열차운행을 보장하는 장애대응기술 적용
- 성능지표를 달성하기 위한 시스템 목표는 고속화, 지능화, 고밀도 운행, 상호운영성, 지상설비 축소로 설정

<b>비전</b>	○ 차세대 열차제어시스템 현장시험을 통한 성능검증으로 국내 철도산업 경쟁력 강화 및 세계 철도시장 선도
<b>성능지표</b>	○ 수송능력, 경제성, 서비스, 안전성 향상
<b>목표</b>	○ 열차제어시스템의 고속화, 지능화, 고밀도 운행, 상호운영성 향상, 지상설비 최소화 추진

## 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

### 2. 연구개발 목표

- 이동폐색 기반의 차세대 열차제어시스템(KTCS-3)의 성능검증 목표는 철도의 수송능력, 경제성, 서비스, 안전성 향상을 달성하는데 필요한 고속화, 지능화, 고밀도 운행화, 상호운영성 향상, 지상설비 최소화를 지원하는 것임
  - 또한 무선통신망 및 열차제어시스템의 심각한 장애 발생 시 열차운행 지장을 최소화하는 장애대응도 지원함
- 이를 위해서 개발이 요구되는 기술개발 분야는 다음과 같이 3개로 구성됨
  - 시스템 통합 및 규격검증
    - 개발명세서의 검증 및 보완
    - 레일절손검지장의 설치 및 성능검증
    - 시험차량 확보로 상용화 지원
    - KTCS-3용 열차제어 통신장치 설치 및 성능검증
    - 열차진로제어설비 설치 및 성능검증
  - 현장시험지원 및 검증
    - 시험 인프라 구축 및 운영
    - 지상/차상 ATP/ATO 장치 설치 및 성능검증
    - 열차분리검지장치의 설치 및 성능검증
    - KTCS-3 지상인프라 CTC 구성 설계 및 구축
    - 현장시험 운영 지원
  - 시스템 사양 업그레이드 및 검증
    - KTCS-2 열차자동운전(ATO)장치 개발명세서 작성
    - KTCS-2 열차자동운전(ATO) 현장 공인시험
    - 지상/차상신호장치 Baseline 업그레이드( 2 ⇨ 3 )
    - KTCS-2 열차자동운전(ATO) 구현
    - KTCS-2 지상인프라 CTC 구성 설계 및 구축(KTCS-2 + ATO)

○ 이상의 기술개발분야와 기술수요조사결과를 포함하는 연구개발과제를 선정하였음

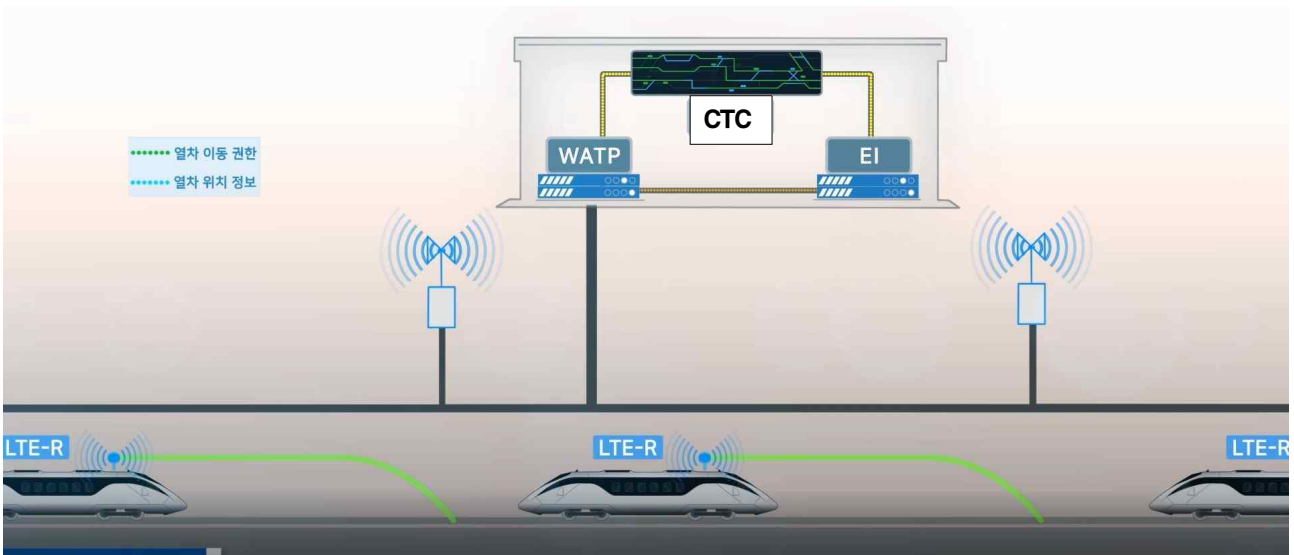
[표 3.39] 무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템 기술수요조사표

구 분	연구 개발 과 제
시스템 통합 및 규격 검증	• 개발명세서 검증 및 보완
	• 인터페이스 명세서 보완
	• 법률제도 개정(안)
	• 실용화 지원(시험차량)
	• 레일절손 검지장치 설치 및 검증
	• ETCS L3용 열차제어 통신장치 설치 및 성능 검증
	• 열차진로제어(KTCS-2 병행운영 포함) 설치 및 검증
현장시험 지원 및 검증	• 지상-차상 통합시험 환경 설계 및 구축
	• 지상인프라 구축 및 운영
	• 현장 종합시험 및 공인시험
	• 시험 차량 개조 및 운영
	• 현장시험 운영 지원(시험선로 사용료 납부 등)
	• 차상 ATP/ATO 설치 및 검증
	• 지상 ATP/ATO 설치 및 검증
	• ATP/ATO 인터페이스 장비 제작/설치 및 검증
	• 열차분리검지장치 설치 및 검증
	• 지상인프라 CTC 설계 및 설치(ETCS L3)
시스템 사양 업그레이드 및 검증	• KTCS-2 열차자동운전 개발명세서 작성
	• KTCS-2의 ATO 현장 공인시험
	• 지상장치 Base Line 업그레이드 2 → 3 (SIL-4 인증 포함)
	• 차상장치 Base Line 업그레이드 2 → 3 (SIL-4 인증 포함)
	• ATP/ATO 인터페이스 장비 Base Line 3 업그레이드
	• KTCS-2의 ATO 구현(차상)
	• KTCS-2의 ATO 구현(지상)
	• 지상인프라 CTC 설계 및 설치(KTCS-2+ATO)

## 2절 기술개발에 따른 미래상

### 1. 시스템개발에 따른 미래상

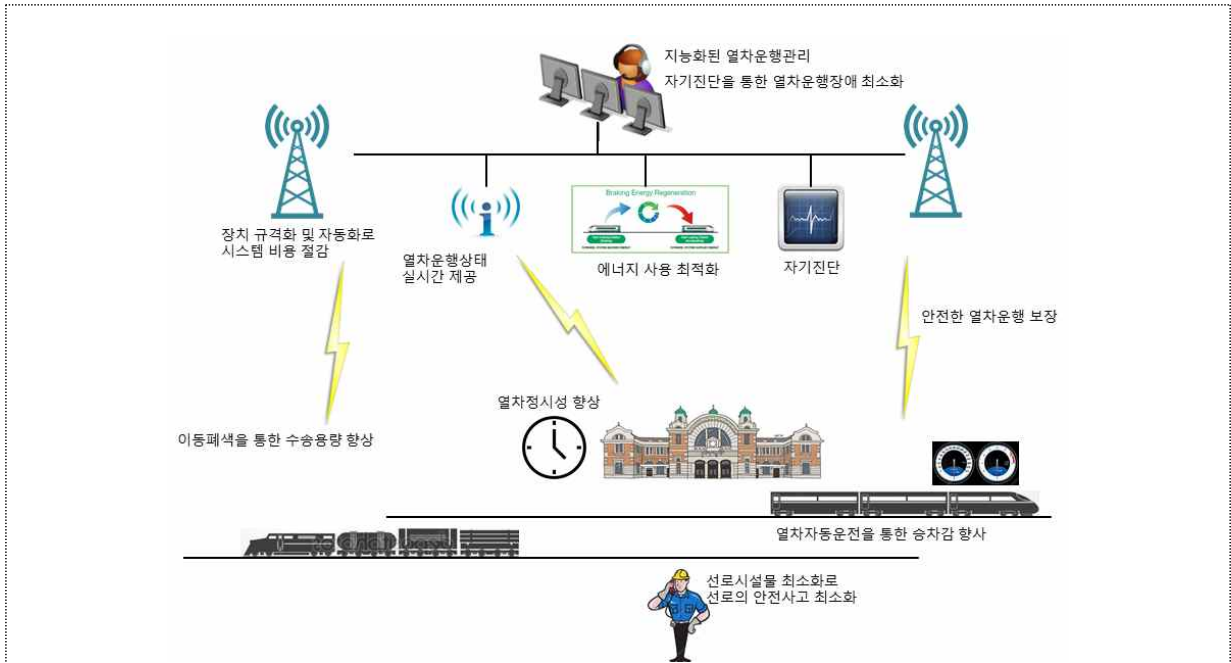
- 국내 기술로 개발한 이동폐색방식의 차세대 열차제어시스템(KTCS-3)의 시험 및 성능을 통하여 철도시스템의 첨단화로 철도의 수송능력(효율성), 경제성, 서비스 및 안전성을 향상하여 국내 철도산업의 대외 경쟁력 강화 및 세계 시장 선도
  - 무선통신(무궤도회로) 방식을 적용하여 고속으로 주행하는 열차위치를 정밀하게 검지함으로써 효율적이고 경제적인 열차운행 제어 수행 가능
  - 현재 수동운전 중인 고속철도 차량에 자동운전기능을 지원하여 열차운전의 안전성을 높이고, 운영비용도 절감함. 인적오류를 배제하여 최대한 열차를 근접시킬 수 있는 효율성 및 배차 간격 단축을 통한 서비스 향상도 이룰 수 있음
- 기존 시스템(도시철도용 KTCS-M, 일반·고속철도용 KTCS-2, 현재 일반선에서 운용하고 있는 KTCS-1(ATP)과 상호운영성을 유지함으로써 탄력적이고 통합적인 열차운행을 통한 서비스 향상에 기여하고 궁극적으로는 구축 및 유지보수 비용 절감 가능. 또한 국제규격에 바탕을 두고 개발함으로써 기술 표준화를 선도하고 세계 시장에 진출할 수 있는 기반 마련



[그림 3.106] 무선통신 방식의 고속열차제어시스템의 미래상

## 2. 핵심기술개발에 따른 미래상

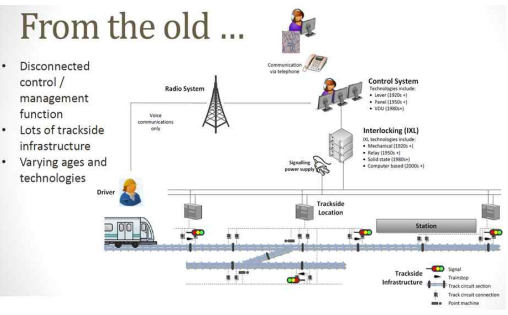
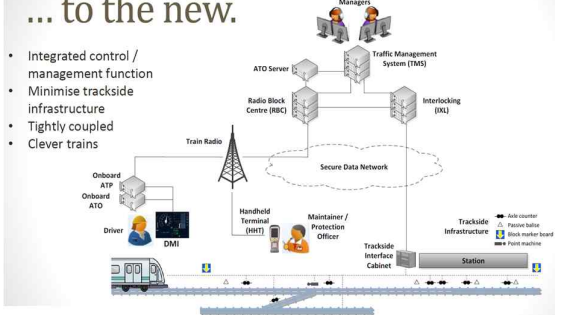
- 지상설비 중 궤도회로를 사용하지 않게 되어 철도시스템 건설비용과 유지보수 비용을 절감할 수 있음. 또한 기존 재래식 열차제어시스템을 신규 시스템으로 개량하는 경우 기존 궤도회로 시스템과의 혼용운행이 가능하여 개량 프로세스 적용이 용이함. 따라서 신규 열차 시스템 구축뿐만 아니라 기존 시스템의 개량에도 진출할 수 있는 경쟁력 확보



- 열차의 운영을 자동으로 수행함으로써 운영비용을 절감하고 인적오류를 방지하여 안전성을 향상시킴. 운행하는 열차 간의 간격을 줄일 수 있고 운행 상황에 따른 자동 간격 유지를 통해 서비스와 효율성을 향상함
- 무선통신, IoT 기반의 센서, 위성위치정보시스템 등을 통해 궤도회로 없이 열차의 위치와 속도를 실시간으로 정확하게 검지 가능. 이를 바탕으로 효율적인 열차 간격 설정 및 이를 위한 제어 명령 전송 가능. 각종 센서로부터 수집되는 데이터 처리를 통해 철도 분야에서의 빅데이터 활용 기술을 확보하며 궤도회로 없이도 안전성이 확보된 열차위치 검지기술 확보
- 고속으로 이동하는 열차의 차상시스템에서 열차의 위치정보가 실시간으로 지상시스템으로 전송되도록 하며 열차의 이동권한이 차상시스템으로 실시간으로 전송되도록 기존 통신기술(LTE-R)을 철도환경에 맞도록 최적화하여 적용함. 이를 위해 필요시 상향(uplink) 접속 신뢰성 향상기술, 다중 안테나 구현 기술, 고속 핸드오버 기술, 상용 통신망 활용을 통한 통신망 이중화 기술을 개발함. 열차제어를 위한 무선통신의 성능지표에 대한 기준을 수립하여 향후 차세대 통신 표준 적용 시 활용할 수 있도록 하며 고속 이동체에서의 통신기술에 대한 실증을 통하여 통신 표준화 활동에도 기여함.

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

[표 3.42] 무궤도회로 방식의 고속열차제어시스템개발에 따른 철도 기술 및 운영환경 변화

구분	현황(As-Is)	미래상(To-Be)
수송력 (Capacity) 측면	<ul style="list-style-type: none"> <li>궤도회로 기반의 이산형 열차위치 정보를 바탕으로 제어를 수행하므로 위치정보 해상도(resolution)의 한계로 인하여 선행열차와 후행열차 간 최소간격에 한계가 발생함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>무궤도회로 방식의 열차위치정보를 기반으로 고밀도 열차운행 가능  <b>“열차 수송능력 30% 향상”</b></li> </ul>
비용 (Cost) 측면	<ul style="list-style-type: none"> <li>철도시스템 구축 시 궤도회로장치 설치 비용이 발생함</li> <li>열차운행 최소간격의 한계에 의한 제어용량의 한계로 열차 투입 요구량이 한계를 초과하면 지상시스템의 증설이 불가피함</li> <li>궤도회로를 유지하고 보수하기 위한 비용이 발생함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>궤도회로장치를 설치하지 않으므로 신규 노선 구축 및 기존 노선에서 유지보수 비용이 절감됨</li> <li>자동운전을 통한 운영비용이 절감됨</li> <li>상호운영을 통한 노선 간 연계운행이 가능하여 승객 수요변화에 따라열차를 효율적으로 운용할 수 있어 운영비용 절감에 기여함  <b>“설치 및 유지보수, 운영 비용 20% 절감”</b></li> </ul>
서비스 (Service) 측면	<ul style="list-style-type: none"> <li>열차운행 간격 한계로 인해 노선에 열차의 최대 투입량이 정해져 있으며 승객 수요가 열차 투입 요구량을 초과하는 경우에도 최대 투입량 이상의 투입이 불가능하여 고객 만족 달성이 불가능함.</li> <li>일반·고속철도의 경우 수동운전을 수행하고 있으며 인적오류 발생 혹은 과업과 같은 기관사 부족 시 사업자와 승객의 불편을 초래함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>승객 수요가 증가하여도 고밀도 열차운행을 통하여 이송 가능함</li> <li>자동운전을 통한 일관적인 운행으로 고객 서비스 향상. 이례 사항 발생 시 종합적이고 즉각적인 대처가 가능함</li> <li>상호운영을 통한 노선 간 연계운행이 가능하고, 승객 수요변화에 열차운행을 탄력적으로 대응할 수 있음  <b>“높은 수요대처 및 일관적인 운행으로 서비스 향상”</b></li> </ul>
안전성 (Safety) 측면	<ul style="list-style-type: none"> <li>궤도회로 자체는 안전성이 확보된 기술이나 기존 열차제어시스템을 궤도회로 기반의 신규 열차제어시스템으로 개량할 경우 상호간섭 등으로 의하여 안전사고 등이 발생할 가능성이 있음(예: 서울2호선 상황실리역 추돌사고)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>궤도회로를 제거할 경우에도 관련 기술 개발을 통하여 안전성이 확보된 열차위치 감지 및 운행 가능</li> <li>열차제어시스템 개량 시 안전성이 확보된 개량 프로세스 적용 가능  <b>“열차 운영 및 개량 추진 시 안전성 확보”</b></li> </ul>
시스템 구성	<p>From the old ...</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>Disconnected control / management function</li> <li>Lots of trackside infrastructure</li> <li>Varying ages and technologies</li> </ul>	<p>... to the new.</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>Integrated control / management function</li> <li>Minimise trackside infrastructure</li> <li>Tightly coupled</li> <li>Clever trains</li> </ul>

■ 궤도회로를 사용하지 않는 ETCS L3 구축 시 기대효과 분석 예

○ 유럽의 TOSCA 프로젝트의 연구보고서(2008)

－ Corridor line(고속선) 6개 노선에 적용할 경우의 기대효과 분석

- 선로용량은 15 ~ 60%까지 향상되는 것으로 분석(UIC code 406 적용)
- 차상장치 설치비용은 10만~30만 유로, 지상장치 구축비용은 km당 3만~30만 유로

－ 분석결과(6개 노선에 대한 평균치)

- 상용화 목표 : 2030년대
- 선로용량 : 35% 향상
- 유지관리비용 : 25% 절감
- 지상설비 구축비용 : 10만 유로/km

○ 영국의 ERTMS Level 3 Risks and benefits to UK railway(2010)

－ 영국의 5개 노선을 대상으로 선로용량과 비용을 분석하였음

- 밀도가 높은 노선 : Lea Valley Main Line, South West Main Line
- 고속을 주행하고 밀도가 높은 노선 : West Coast Main Line
- 한산선구(고속화물차운영) : Ely-Peterborough Line
- 한산선구 : Cumbrian Coast Line

－ 분석결과(UIC code 406적용)

- 선로용량 : 30% 향상(기존 궤도회로 조정이 없는 조건)
  - \* 분기구간에 열차검지장치(궤도회로, 액슬카운터 등) 설치 시 선로용량 향상
- 개량비용 : ETCS L2를 개량 시 25% 이상 절감(신호기방식 개량 시 50% 이상 절감)
  - \* 분석툴(PRIME)의 입력변수

PRIME 변수	Better	Norminal	Worse
Train Integrity(seconds)	0	2	10
EOA to supervised location(m)	10	100	183
Odometry error(%)	1	5	20
Balise spacing(m)	10	500	5000
Position report time(seconds)	1	5	10
MA update cycle time(seconds)	1	5	10

### 3절 연구과제 구성

#### 1. 연구과제 요구사항

##### 가. 개요

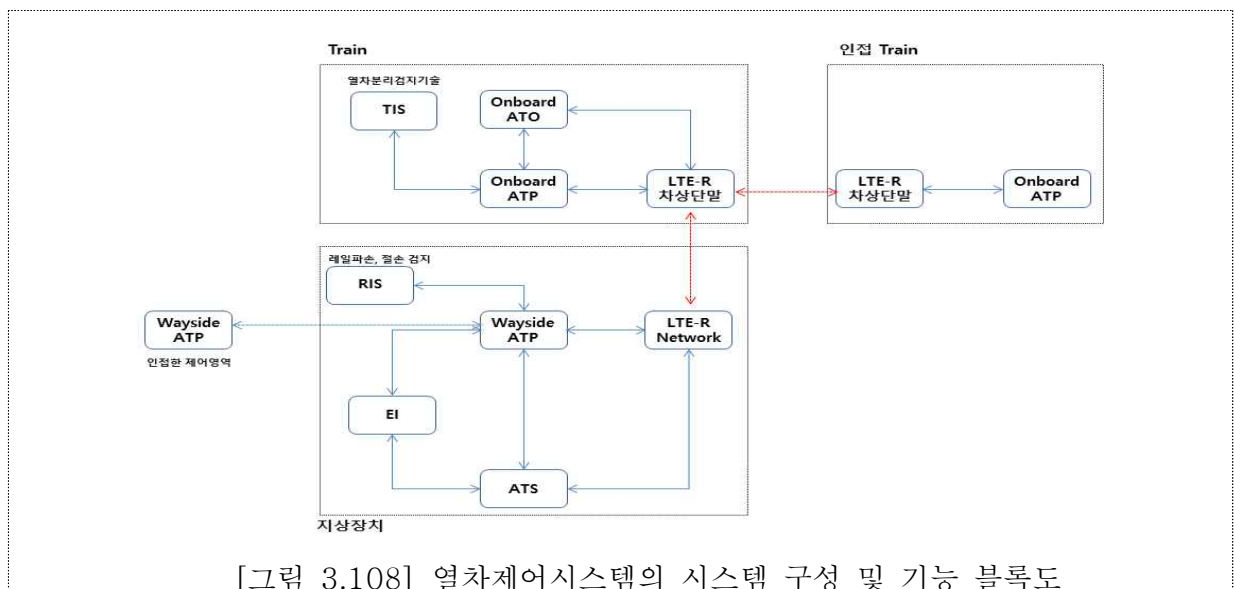
- 본 기획과제는 R&D 사업으로 수행하고 있는 ‘무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어 시스템 개발’ 과제(2018.04~2020.12)를 통하여 개발된 이동폐색 기반의 차세대 열차제어시스템 KTCS-3의 기술력을 실용화하기 위하여 후속연구로 현장시험을 수행함으로써 성능을 검증하고 인증을 획득하는 것을 목표로 함
- 시스템 통합을 위하여 레일절손검지장치, 열차제어통신장치, 열차진로제어장치 시제품을 설치하고 KTCS-3 열차제어시스템과의 통합을 검증하고 개발명세서를 검증하고 법률제도의 개정안을 도출하며 차상신호장치를 설치하여 시험 운영을 위한 차량을 구매함
- 열차제어시스템 및 부대설비의 성능검증을 위하여 시험선에 지상 ATP/ATO 설비를 구축하고 차량에 차상ATP/ATO장치를 구축하여 성능을 검증함. 또한 열차분리검지장치 시제품을 설치하고 성능을 검증하며 KTCS-3의 검증을 위한 시험선 CTC 설계 및 설치를 수행함
- KTCS-2 및 KTCS-3에 적용한 Baseline2 기술규격을 Baseline3으로 업그레이드함으로써 세계 시장의 요구에 부응하고 KTCS-2 열차제어시스템의 열차자동운전(ATO) 기능을 구현하기 위하여 개발명세서를 작성하고 ATO장치의 구현 및 검증을 수행함

##### 나. 열차제어시스템 구성

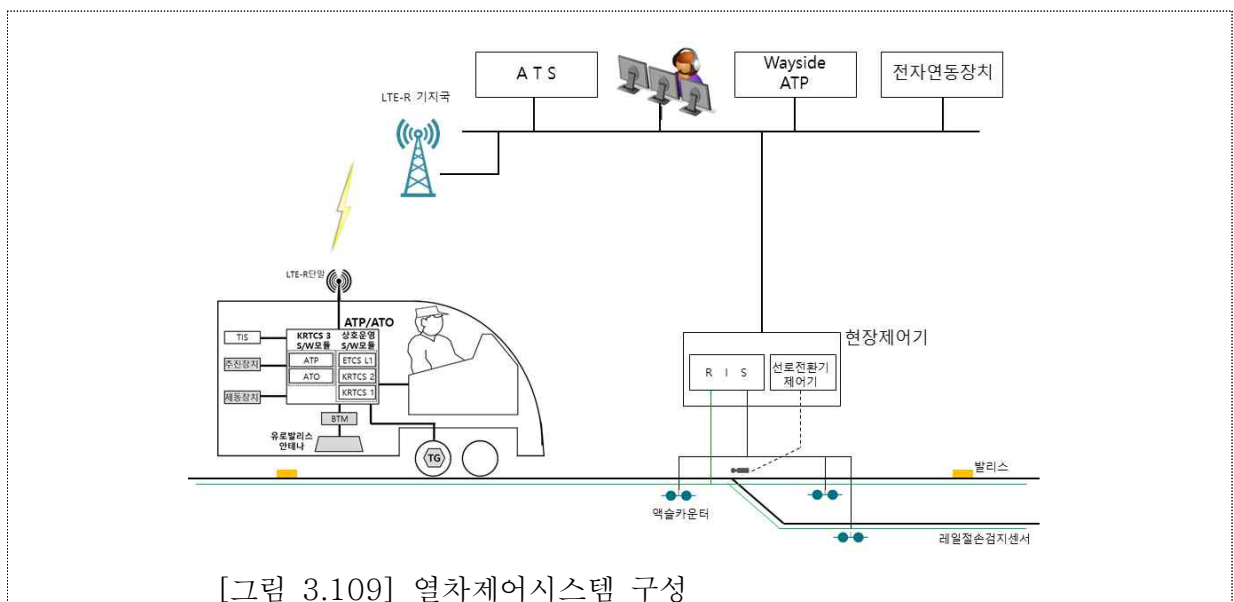
- 시스템 구성(또는 기능 블록)
  - KTCS-3 열차제어시스템의 구성을 다음과 같이 정의함
  - 시스템은 지상설비와 차상장치로 구성함
    - 지상설비는 Wayside ATP, EI, CTC로 구성함
    - 차상장치(Onboard ATP, Onboard ATO)로 구성함
      - : 차상장치는 운전실 2중계를 원칙으로 함
      - : 차상장치는 다른 신호시스템의 지상신호설비와 상호운영성을 지원하여야 함
  - 양방향 연속 무선통신장치는 시스템에 포함하지 않음

## ○ 시스템 보완장치

- 궤도회로를 사용하지 않음에 따라 궤도회로 임무를 대체하는 시스템보완장치(TI, RI)를 추가적으로 설치함
- 시스템 보완장치 TI 및 RI는 열차제어시스템에 포함되지 않음
  - 시스템의 차상장치는 열차분리를 검지하는 열차무결성검지장치(TI)와 연계함
  - 시스템의 지상설비는 레일파손 또는 절손을 검지하는 레일무결성검지장치(RI)와 연계함
- 레일무결성검지장치는 역구내, 차량기지 등 선로구조가 복잡한 구간에서는 궤도회로 또는 엑셀카운터 등을 설치하여 레일절손 검지의 신뢰도를 높이도록 함



[그림 3.108] 열차제어시스템의 시스템 구성 및 기능 블록도



[그림 3.109] 열차제어시스템 구성

## 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

### 다. 시스템 검증 중점사항

- 궤도회로를 사용하지 않고 무선통신기술과 이동폐색기술을 적용하여 고속철도차량의 이동을 제어하여야 함
- 고속철도와 일반철도에도 열차자동운전(ATO, GoA 2이상)을 지원하여야 함
- 열차제어시스템은 지상과 차상에서 vital 기능과 non vital 기능을 처리할 수 있어야 함
  - 지상장치와 차상장치는 무선통신으로 연결됨(의무사항)
  - 필요시 차상장치와 차상장치가 무선으로 직접 연결됨(선택사항)
- 기존 열차제어시스템보다 높은 안전성을 보장하여야 함
  - 궤도회로의 기능(열차분리 사고 및 궤도절손 사고 감지)을 대체할 수 있는 장치와 연계하여야 함
  - 기존 열차제어시스템과의 상호운영성을 지원하여야 함
  - 일반철도용 신호시스템 KTCS-1 지상설비와 상호운영
    - 고속철도차량(또는 일반철도차량)에 설치된 차세대 열차제어시스템의 차상장치는 일반철도노선에 기 설치된 ATP의 지상설비(가변발리스 및 고정발리스)에서 전송된 정보를 토대로 열차의 이동을 제어할 수 있어야 함
  - 일반·고속철도용 KTCS-2 지상설비와 상호운영
    - 고속철도차량(또는 일반철도차량)에 설치된 차세대 열차제어시스템의 차상장치는 일반철도 노선의 KTCS-2 지상설비가 LTE-R을 통해서 전송한 정보를 토대로 열차의 이동을 제어하여야 함
  - 개발 완료된 도시철도용 KTCS-M 지상신호설비와 상호운영(공간통합)
    - 고속철도차량(또는 일반철도차량)에 설치된 차세대 열차제어시스템(KTCS-3)의 차상장치는 도시철도용 KTCS-M의 지상설비가 LTE-R을 통해서 전송한 정보를 토대로 열차의 이동을 제어하여야 함
  - 고속철도차량(또는 일반철도차량)에 설치된 차세대 열차제어시스템(KTCS-3)의 차상장치와 기존 열차제어시스템의 지상설비와의 상호운영성은 소프트웨어적으로 구현되어야 함

### 라. 인터페이스 검증 중점사항

- 열차제어시스템은 표준 이더넷을 적용하여 장치와 장치를 연결하며, 타 설비와의 연결도 이더넷을 적용하여야 함
- 열차제어시스템의 지상설비- 차상장치의 연결은 무선통신망(LTE-R)을 적용하여야 함

- 열차제어시스템에만 연결되는 센서류, 검지장치는 고유의 연결방식을 적용할 수 있음

### 마. 열차제어시스템의 검증 방향

국내·외 철도 기술개발 동향 및 철도운영의 변화를 고려하여 열차제어시스템의 검증 방향을 다음과 같이 정의함

- 열차제어시스템을 고속철도, 일반철도 및 도시철도에 모두 적용할 수 있어야 함
  - 시설과 차량 측면에서 도시철도와 일반·고속철도를 분리할 수 있으나, 도시가 확대되면서 철도를 구분하는 것이 모호해짐
  - 특히 무선통신기술을 적용하고, 지상설비가 감소하고, 소프트웨어적으로 구현되면서 열차제어시스템은 단일화될 것으로 예상
- 열차제어시스템은 이동폐색기술을 고속철도 및 일반철도 차량에 적용하여 열차이동을 제어하여야 함
  - 짧은 주기로 전송되는 열차의 현재 위치정보와 선행열차의 현재속도(0 속도로 설정)를 이용하여 열차의 이동을 제어함(이동권한 설정)
- 열차제어시스템은 고속철도 및 일반철도의 자동운전 또는 무인운전을 지원하여야 함
  - (광역)도시구간을 운행하는 일반·고속철도는 자동운전을 지원하여 열차운행 횟수(수송용량)를 높여야 함
    - 일반·고속철도는 관제요원(사령, 역무)의 참여를 최소화할 수 있도록 무인운전을 지원할 필요가 있음
    - 열차제어시스템은 무인운전을 지원하기 위해서 고정폐색방식의 전자연동장치를 적용함
    - 열차제어시스템은 무인운전을 지원하기 위해서 관제설비에 열차자동출발, 열차원격제어 등의 기능을 적용함
- 열차제어시스템은 노선 간 상호운영성을 지원하여야 함
  - 철도운영효율을 높이기 위해서는 철도망을 연계하는 것이 필요하며, 이를 위해서는 노선 간 상호운영성을 확보하여야 함
    - \* 고속철도노선과 일반철도노선간의 상호운영성, 일반철도노선과 (광역)도시철도노선 간의 상호운영성도 지원하여야 함
  - 열차제어시스템 차상장치가 기존 시스템의 지상설비와 연계할 수 있도록 하여야 함
    - 차상장치(ATP/ATO)에 기존 지상신호설비와 연계할 수 있는 소프트웨어 모듈을 설치하며, 지상에 설치된 예고발리스 검지에 맞추어 KTCS-L1(ATP)용 S/W, KTCS-2용 S/W 및 KTCS-M용 S/W 중 1개를 선정하여 활성화하도록 함

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

- 열차제어시스템은 열차제어 기술주기가 짧아지고 사용자의 요구사항이 다양해지는 것에 유연성 있게 대응할 수 있어야 함
  - 열차제어시스템을 개량할 때 하드웨어의 변경을 최소화하고, 사용자의 요구사항에 맞는 소프트웨어(모듈 또는 기능)를 추가하여 시스템을 구성하여야 함
- 열차제어시스템은 기존 고속철도용 열차제어시스템(KTCS-2) 및 일반철도용 열차제어시스템(KTCS-1:ATP)보다 높은 안전성을 보장하여야 함

#### 바. 열차제어시스템 기능 검증사항

구 분		기존 개발 기술 활용		기능 검증
		도시철도	일반·고속철도	
지상장치	관제설비	-	•열차스케줄 조정	<ul style="list-style-type: none"> <li>•열차조성 및 승객수요에 따른 역정차시간 및 승강장 조정</li> <li>•승객의 승하차에 따라 열차운행스케줄을 초단위로 관리</li> </ul>
	지역제어기	<ul style="list-style-type: none"> <li>•WATP와 CTC 간 연계기술</li> <li>•열차이동권한 생성</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>•투입열차에 대한 열차속도프로파일 생성(또는 갱신)</li> <li>•열차조성변경에 따라 이동폐색용 열차이동권한 생성</li> <li>•열차조성에 따른 열차정지위치 조절</li> </ul>
	연동장치	•EI와 WATP 간 연계	<ul style="list-style-type: none"> <li>•열차진로제어</li> <li>•EI와 RBC 간 연계</li> </ul>	-
차상장치	차상제어장치	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>•ETCS의 동적속도프로파일 생성</li> <li>•350km/h급의 열차동적속도프로파일 생성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•투입열차에 대한 열차속도프로파일 생성(또는 갱신)</li> <li>•열차조성에 맞는 정적속도프로파일, 동적속도프로파일 생성</li> <li>•열차조성에 맞는 역정차 최소시간 보장</li> </ul>
	자동운전	<ul style="list-style-type: none"> <li>•ATO속도프로파일 생성</li> <li>•역 정위치정차기술 활용</li> </ul>	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>•열차조성에 따른 ATO프로파일 생성</li> <li>•열차출발지연을 회복하기 위하여 목표시간(초단위)까지 다음역에 도착하기 위한 ATO프로파일 생성</li> <li>•열차정차위치 조절에 따른 역정위치정차</li> </ul>

### (1) 열차제어시스템 지상장치와 차상장치 간 데이터 전송

- 주기적인 정보는 0.5초마다 전송하며, 비주기적인 정보는 이벤트가 발생하면 전송하여야 함
- 주기적인 정보의 전송주기는 별도로 지정할 수 있음

### (2) 열차운전모드

- 열차제어시스템은 자동운전을 지원하여야 함
- 열차운전조건에 따라 수동운전 또는 개방운전을 선택할 수 있어야 함

### (3) 열차위치 검지

- 열차위치검지는 차상의 Onboard ATP가 열차에 있는 속도센서(TG)의 신호를 이용하여 기준점(마지막으로 읽은 지상자 위치)으로부터 열차가 주행한 거리를 계산하여야 함
- Onboard ATP는 계산한 열차주행거리를 0.5초 주기로 지상의 Wayside ATP로 전송하여야 함(열차의 현재 속도를 같이 전송하여야 함)
- Wayside ATP는 선로정보, 지상자 위치정보를 이용하여 제어영역에 있는 모든 열차의 위치를 추적하여야 함

### (4) 열차 간 안전간격 설정

- Wayside ATP는 실시간으로 추적한 열차위치를 토대로 제어영역에 있는 모든 열차에 대한 이동권한을 설정함(안전간격 설정)
- Wayside ATP는 연속적으로 생성되는 열차이동권한을 해당 열차의 Onboard ATP에 0.5초 주기로 전송함
- 열차이동권한은 열차가 주행할 수 있는 목표지점, 목표지점까지의 열차제한속도 등을 포함함

### (5) 열차속도제어

- Onboard ATP는 열차이동권한에 포함된 정보를 토대로 동적 속도프로파일을 생성하여야 함
- Onboard ATP는 현재위치에서 열차제한속도와 실속도를 비교하고, 열차가 제한속도를 초과하면 제동을 인가하여 열차를 감속하여야 함

### (6) 장애 시 열차운행을 유지하기 위한 예비설비(fallback system)

예상치 못한 원인으로 인하여 통신설비, 제어시스템에 발생한 장애를 복구하는데 상당한 시간을 필요로 하는 경우, 열차운행을 최소한으로 유지하기 위한 예비설비를 구축하여야 함

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

- 예비설비는 지상에 설치하여야 하며, 이동중인 열차의 위치, 속도 및 진행 방향을 검지하여야 함
- 예비설비는 열차제어시스템이 정상적으로 동작할 때는 레일파손, 레일절손 등을 검지하고, 해당 정보를 열차제어시스템에 제공하여 철도사고 발생을 예방하여야 함
- 시스템 운영자는 발생한 장애가 지속되면, 예비설비에서 제공하는 열차검지정보를 이용하여 열차운행을 최소한으로 유지하여야 함
  - 예비설비를 이용하여 열차운영에 활용할 경우, 역 구내에는 궤도회로 또는 엑슬카운터를 추가로 설치하고 예비설비와 연계하여야 함(SIL4 인증)

#### 사. 열차제어시스템 하부장치 요구사항

본 사업을 통해서 검증하여야할 열차제어시스템의 하부장치와 각 하부장치에 대한 성능 및 기능 요구사항을 정의함

##### (1) 열차관제설비(CTC, 지상장치) : 종합성능시험 인프라 용도

열차제어시스템의 하부장치이며, 열차운행상태를 감시하고 각 열차가 계획표를 유지하도록 성능을 조절하며, 열차운행 관련 데이터를 제공하여 여객수송 및 화물수송에 지장이 최소화되도록 조정함

구분	검증내용
기능요구사항	- 일반사항 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차운행 스케줄 작성(열차시간표 추출 및 수정 포함)</li> <li>• 열차운행 장애조치</li> <li>• 선로상태 또는 열차상태에 따라 열차제한속도를 결정(현장작업자 보호 포함)</li> <li>• 열차입환이동 관리</li> <li>• 열차정보 수동 입력</li> <li>• 유지관리 지원</li> <li>• 선로상태정보 관리 및 조치(대형 지장물검지정보 포함)</li> <li>• 인터페이스 관리                             <ul style="list-style-type: none"> <li>: 열차제어시스템 타 하부장치와의 인터페이스 관리</li> <li>: 승객정보시스템과의 인터페이스 관리</li> <li>: 외부 연동장치와의 인터페이스</li> </ul> </li> <li>• 차상장치가 장착되지 않은 열차의 무허가 이동에 대한 조치</li> <li>• 승강장에서 비상제동 요청 시 대응</li> <li>• 열차출입문 비상개방 시 대응</li> <li>• 열차 긴급배치</li> <li>• 승강장 내 승객 감시 및 관리</li> <li>• 열차승무원 배치</li> <li>• 비상탈출(소개)상황 감시 및 관리</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 자동운전 및 무인운전을 적용할 경우 반영해야 할 기능             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 비상제동 명령 및 해제(무인)</li> <li>• 열차출입문과 승강장출입문 개폐 제어</li> <li>• 열차주행방향 자동변경(무인)</li> <li>• 열차 내 화재/연기정보 관리 및 조치</li> <li>• 열차 내 승객 감시(무인)</li> <li>• 차상장치 Awakening / De-energizing</li> </ul> </li> <li>- 이동폐색운행을 지원하기 위한 기능             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 차상장치 장애를 조치한 후 열차위치를 강제로 초기화                 <ul style="list-style-type: none"> <li>: 보조검지장치를 이용한 열차위치정보 관리</li> </ul> </li> <li>• 열차주행관리(시간단축 주행, 에너지 효율 최적화 주행)</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>성능요구 사항</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차위치정보를 강제로 초기화할 시의 열차위치정보 오차 : 100m</li> <li>- 열차정시성 확보율 : 97% 이상(또는 열차지연율 3% 이하) *             <ul style="list-style-type: none"> <li>: 열차의 역 도착시간을 sec 단위로 관리</li> </ul> </li> </ul> <p>* High Level Comparison between Operational models(NGTC, 2013)</p>

**(2) 전자연동장치(EI, 지상장치) : 종합성능시험 인프라 용도**

열차제어시스템의 하부장치이며, CTC의 열차운행계획과 지상ATP의 열차위치정보에 맞추어 열차진로를 제어하여 열차충돌과 탈선을 방지하고, 열차진로제어는 기존 고정폐색방식의 연동로직을 활용하며, 위험한 상황에 대해서 안전동작 보호기능을 유지하여야 함

구 분	검 증 내 용
<p><b>기능 요구사항</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일반사항             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차입환이동 관리</li> <li>• 열차위치정보 관리                 <ul style="list-style-type: none"> <li>: 이동폐색정보를 고정폐색(또는 가상블록)점유정보로 전환</li> </ul> </li> <li>• 선로상태정보</li> <li>• 진로 적합성</li> <li>• 진로설정</li> <li>• 관제설비와 인터페이스 관리                 <ul style="list-style-type: none"> <li>: 열차운행 스케줄에 따른 열차진로설정</li> </ul> </li> <li>• 신호기 제어</li> <li>• 차상장치가 장착되지 않은 열차의 무허가 이동에 대한 조치</li> </ul> </li> <li>- 자동운전 및 무인운전을 적용할 경우 반영해야 할 기능             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 관제설비(CTC)와의 인터페이스 관리                 <ul style="list-style-type: none"> <li>: 검지한 화재/연기에 대한 조치</li> <li>: 승객정보시스템과의 인터페이스 관리</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 이동폐색 운영을 지원하기 위한 기능</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지상ATP와의 인터페이스 관리 : 열차점유정보 보고(열차위치정보로 전환)</li> <li>• 보조검지장치에서 전송한 열차위치정보 활용 : 궤도회로, 엑셀카운터 등 열차검지장치의 열차검지정보와 연계</li> </ul>
성능 요구사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차진로설정시간 : 10[s]*</li> <li>- 선로전환기 동작완료시간 : 8[s]*</li> </ul> <p>* High Level Comparison between Operational models(NGTC, 2013)</p>

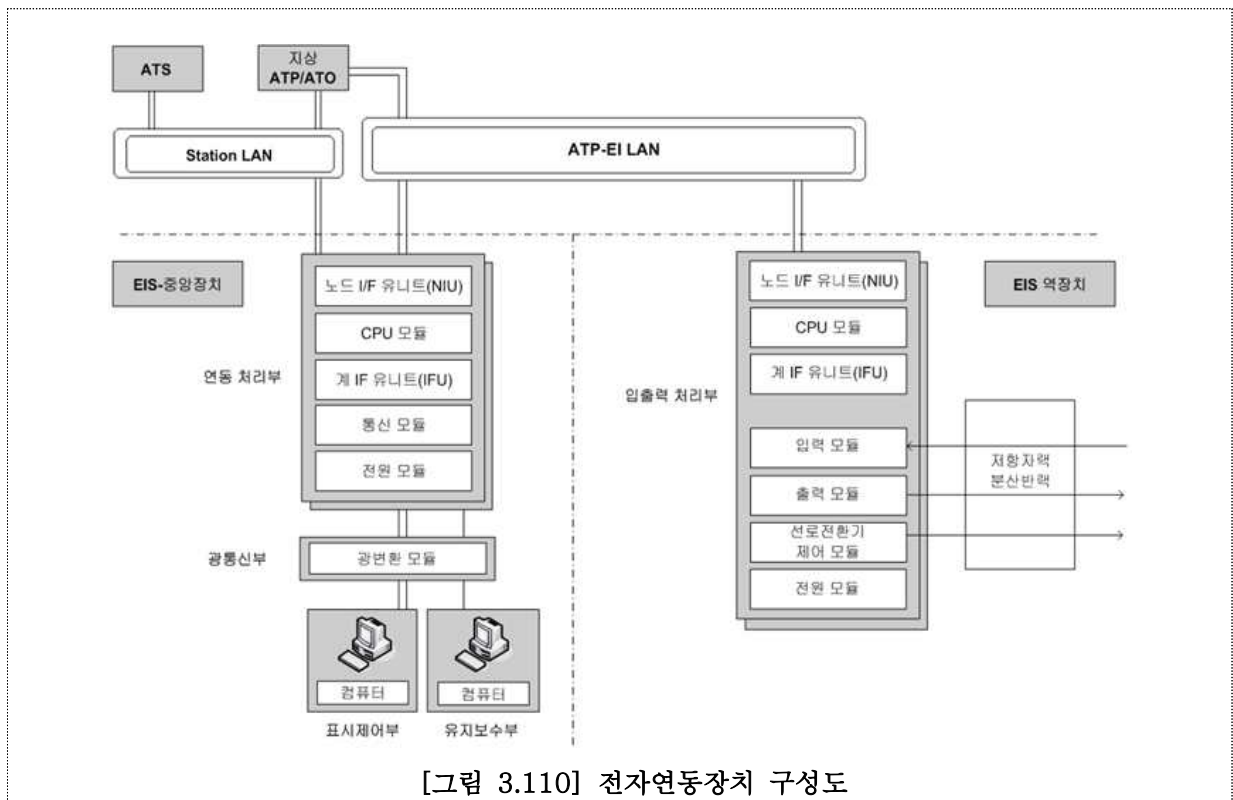
○ 연동장치는 분산형 구조로 구성되어야 함

- ATP 및 CTC와 연계되는 연동처리부와 신호기와 선로전환기를 제어하는 입출력 처리부로 구성되어야 함

○ 연동처리부는 ATP에서 전송한 열차위치정보를 토대로 고정폐색방식의 열차진로제어를 처리하여야 함

- 연동처리부는 ATP의 실시간 열차위치정보를 열차의 궤도회로(또는 가상폐색) 점유정보로 변환하는 소프트웨어 모듈을 추가하여야 함

- 또한 위 모듈은 열차의 궤도회로(또는 가상폐색) 점유정보를 ATP의 실시간 열차위치정보로 변환할 수 있어야 함



[그림 3.110] 전자연동장치 구성도

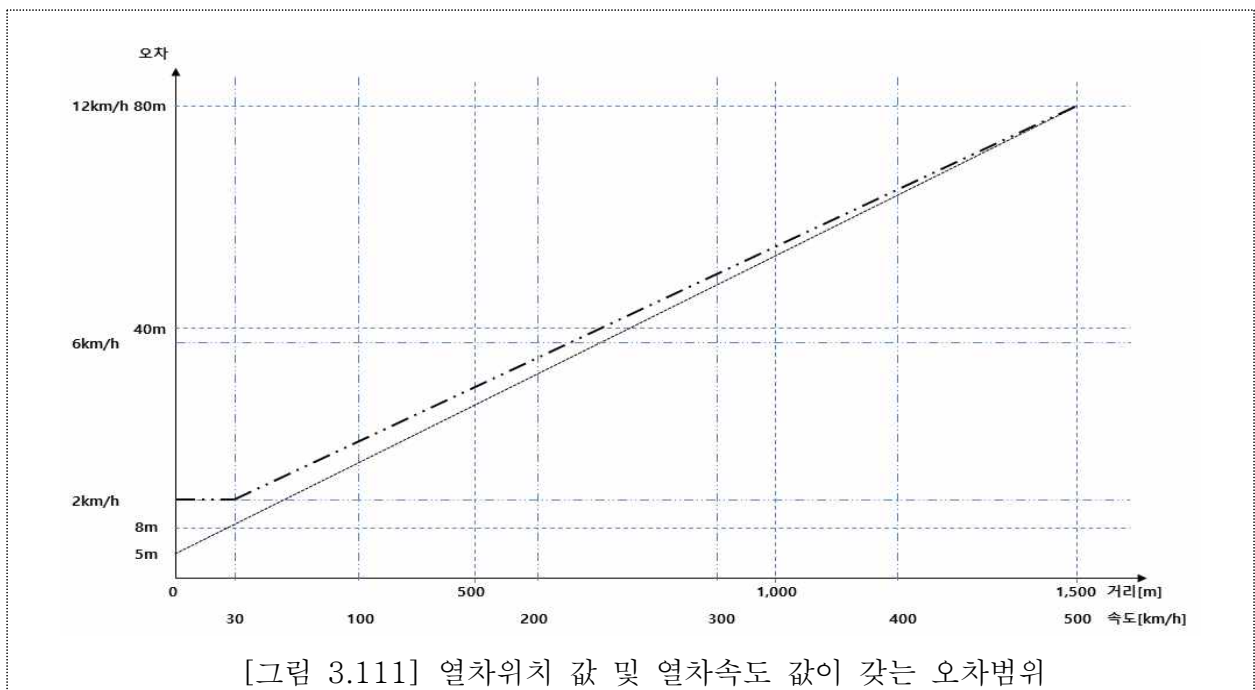
(3) 지상ATP(WATP, 지상장치)

열차제어시스템의 하부장치이며, 제어영역에서 이동하는 열차의 위치를 검지하여 열차 간 충돌 또는 다른 위험한 상황에 대해서 안전 동작 보호기능을 유지하여야 함

구 분	검 증 내 용
<p>기능 요구사항</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일반사항                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차허용속도 결정</li> <li>• 열차방호곡선 결정(MRSP)</li> <li>• 열차이동권한 결정</li> <li>• 비상제동명령 및 해제</li> <li>• 열차출입문과 승강장출입문 개폐 제어 연동                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>: 승강장발판과 유사한 장치를 설치할 경우, 감시</li> </ul> </li> <li>• 선로 장애물 검지장치 감시</li> <li>• 열차운행모드 관리</li> <li>• 입환이동 관리</li> <li>• 열차운전모드 변경</li> <li>• 열차주행방향 변경 승인</li> <li>• 열차위치보고(CTC 및 EI에 열차위치를 주기적으로 보고)</li> <li>• 열차탈선에 대한 조치</li> <li>• 선로상태정보 관리 및 조치</li> <li>• 건널목상태정보 관리 및 조치</li> <li>• 역방향 이동 방호(단선선로 양방향주행)</li> <li>• 열차위치보정용 발리스 정보관리(링킹)</li> <li>• 기능 차단</li> <li>• 인터페이스 관리                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>: 열차제어시스템 타 하부장치와의 인터페이스 관리</li> <li>: 외부 연동장치와의 인터페이스</li> </ul> </li> <li>• 승강장에서 비상제동 요청</li> <li>• 열차출입문 비상개방시 대응</li> </ul> </li> <li>- 자동운전 및 무인운전을 적용할 경우 반영해야 할 기능                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차주행방향 자동변경</li> <li>• 검지한 화재/연기에 대한 조치</li> </ul> </li> <li>- 이동폐색운행을 지원하기 위한 기능                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차위치 초기화(재초기화)</li> <li>• 열차의 선두 및 후미위치 결정(오차 반영)</li> </ul> </li> </ul>
<p>성능요구사항</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차운행최고속도 : 350km/h</li> <li>- 열차운전최소시격 : 180초*</li> <li>- 열차위치검지정밀도 : ±80m(지상자간 거리 최대 1,500m 적용)**</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

	<p>:열차위치검지허용오차(±m) = 5+주행거리(m)*5%(1,500m 주행 시 80m)</p> <p>- 열차속도검지정밀도 : ±12km/h(열차최고속도 500km/h)**</p> <p>:열차속도검지허용오차(±km/h) = 열차속도(km/h)/47+64/47(속도 30km/h 이상일 경우, 속도 30km/h 미만이면 오차는 2km/h로 설정)</p> <p>- 열차위치정보전송주기 : 최소 0.5[s]이며, 전송주기 조정 가능*</p> <p>- 열차이동권한정보전송주기 : 최소 0.5[s]이며, 전송주기 조정 가능*</p> <p>* IEEE 1474.1</p> <p>** Performance Requirements for Interoperability(ERTMS/ETCS subset-041)</p>
--	---



#### (4) 차상ATP(OATP, 차상장치, 상호운영성 지원)

열차제어시스템의 하부 장치이며, 열차의 과속, 도어 상태 감시 또는 다른 위험한 상황에 대해서 안전동작 보호기능을 유지하여야 함

구 분	내 용
기능요구사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일반사항</li> <li>• 열차의 선두 및 후미 위치 연산</li> <li>• 열차허용속도 결정</li> <li>• 열차속도프로파일 결정 (동적속도프로파일 결정)</li> <li>• 현재위치에서의 열차속도 결정</li> <li>• 열차안전속도감시</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 운전자 경고</li> <li>• 상용제동/비상제동 투입 및 해제</li> <li>• 열차구름방호</li> <li>• 운전모드 변경(Modifying driver modes)</li> <li>• WATP로 열차위치보고</li> <li>• 열차정보 수동입력(MMI활용)</li> <li>• 차상장치 자체시험</li> <li>• 상이한 열차제어시스템 level로 전환 또는 관리</li> <li>• 제동곡선 계산</li> <li>• 열차위치보정용 발리스정보 검증(링킹)</li> <li>• 열차출입문과 승강장출입문 개폐 제어 연동 : 승강장 발판과 유사한 장치를 설치할 경우 감시</li> <li>• 비상제동성능시험</li> <li>• 열차출입문 비상개방 시 대응</li> <li>- 자동운전 및 무인운전을 적용할 경우 반영해야 할 기능             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차출입문과 승강장 출입문 개폐 제어</li> <li>• 차상장치 Awakening / De-energizing</li> <li>• 열차자동 awakening</li> <li>• 검지한 화재/연기에 대한 조치</li> </ul> </li> <li>- 이동폐색 운행을 지원하기 위한 기능             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차위치 초기화(재 초기화)</li> <li>• 열차의 선두 및 후미위치 결정(오차 반영)</li> </ul> </li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>성능요구사항</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차운행최고속도 : 350km/h</li> <li>- 열차위치검지정밀도 : <math>\pm 80\text{m}</math>(지상자간 거리 최대 1,500m 적용)**</li> <li>- 열차속도검지정밀도 : <math>\pm 12\text{km/h}</math>(열차최고속도 500km/h)**</li> <li>- ATP속도프로파일 작성시 속도마진 설정***             <ul style="list-style-type: none"> <li>: ATP속도프로파일과 열차과속경고알람간 속도마진 5km/h</li> <li>: 상용제동입력과 ATP속도프로파일간 속도마진 5km/h</li> </ul> </li> <li>- 열차위치정보전송주기 : 최소 0.5[s]이며, 전송주기 조정 가능*</li> <li>- 열차이동권한정보전송주기 : 최소 0.5[s]이며, 전송주기 조정 가능*</li> <li>* IEEE 1474.1</li> <li>** Performance Requirements for Interoperability(ERTMS/ETCS subset-041)</li> <li>*** High Level Comparison between Operational models(NGTC, 2013)</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

#### (5) 차상ATO(OATO, 차상장치)

열차제어시스템의 하부장치이며, 차상ATP의 감시하에 열차속도 조절, 정위치 정차, 도어 제어, 성능 수준 조절 등에 대한 기능이나 열차 운전자에 주어진 다른 기능들을 수행함

구 분	내 용
<p style="text-align: center;"><b>기능 요구사항</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일반사항               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차속도결정</li> <li>• 자동열차주행을 위한 주행속도프로파일 결정 및 열차주행제어</li> <li>• 열차출입문과 승강장출입문 개폐 제어                   <ul style="list-style-type: none"> <li>: 승강장발판과 유사한 장치의 제어 포함</li> </ul> </li> <li>• 열차의 추진력 제어</li> <li>• 차상장치 자체시험</li> <li>• 제동곡선 계산</li> </ul> </li> <li>- 무인운전을 적용할 경우 반영해야 할 기능               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 관제설비(CTC)와의 인터페이스 관리                   <ul style="list-style-type: none"> <li>: 검지한 화재/연기에 대한 조치</li> <li>: 승객정보시스템과의 인터페이스 관리</li> </ul> </li> <li>• 열차자동 awakening</li> </ul> </li> <li>- 이동폐색운행을 지원하기 위한 기능</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>성능 요구사항</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차운행최고속도 : 350km/h</li> <li>- 자동운전모드에서 열차운행최고속도 : 300km/h(개발규격서 작성 시 조정 필요)**               <ul style="list-style-type: none"> <li>: 열차운행최고속도(120km/h)대비 자동운전속도를 100km/h로 낮춘 것(16% 감속)을 참조하여 자동운전모드에서의 열차운행최고속도를 300km/h로 설정</li> </ul> </li> <li>- 열차위치검지정밀도 : ±80m(지상자간 거리 최대 1,500m 적용)*</li> <li>- 열차속도검지정밀도 : ±12km/h(열차최고속도 500km/h)*</li> <li>- 정위치정차 정밀도 : ±2.5[m](개발규격서 작성과정에서 조정 필요)</li> </ul> <p>* Performance Requirements for Interoperability(ERTMS/ETCS subset-041)</p> <p>** High Level Comparison between Operational models(NGTC, 2013)</p>

#### 아. 열차제어시스템 보완장치 요구사항

##### (1) 열차무결성검지장치(TI)

열차제어시스템에 포함되지 않는 열차 내 별도장치이며, 열차분리사고를 검지하여 차상 ATP로 열차무결성정보를 제공하며 위험한 상황에 대해서 안전동작 보호기능을 유지하여야 함

구 분	내 용
기능요구사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일반사항                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차 길이 자동계산</li> <li>• 열차의 차량과 차량 간 분리 검지                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>: 열차분리사고가 발생한 차량 위치 확인이 가능</li> </ul> </li> <li>• 열차무결성 검지장치와 지상ATP장치와 인터페이스 관리                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>: 열차무결성 상태 또는 분리상태 전송(분리차량 정보 전송)</li> <li>: 열차무결성장치 상태정보 전송</li> </ul> </li> <li>• 자기진단기능</li> </ul> </li> <li>- 장치구조                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 여객열차, 전동차 및 화물차에 적용할 수 있는 구조                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>: 화물차의 경우 대차에 설치하여야 함</li> <li>: 화물차의 경우 전원공급이 불가할 수 있음</li> </ul> </li> <li>• 장치는 단순한 구조일 것                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>: 열차(또는 차량)에 취부(설치) 및 설정이 용이할 것</li> <li>: 장치의 유지보수작업이 최소화되어야 하고, 교체가 용이할 것</li> <li>: 모듈의 크기는 개발규격서 작성시 확정</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
성능요구사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차무결성장치 상태정보 주기 전송 : 5초(참조자료가 없으며, 개발규격서 작성 시 조정 필요)</li> <li>- 열차분리검지정보 전송 : 이벤트 전송</li> </ul>

(2) 레일무결성검지장치(RI)

열차제어시스템에 포함되지 않는 별도장치이며, 레일의 파손 및 절손을 검지하여 지상 ATP로 레일무결성정보를 제공하며 위험한 상황에 대해서 안전동작 보호기능을 유지하여야 함

구 분	내 용
기능요구사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일반사항                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 레일의 파손지점을 검지</li> <li>• 레일의 절손지점을 검지</li> <li>• 자기진단</li> <li>• 지상ATP장치 등과의 인터페이스 관리                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>: 레일무결성 상태정보</li> <li>* 역구내, 차량기지 등 선로구조가 복잡한 구역은 궤도회로 또는 엑셀 카운터 등을 설치하여 레일절손검지정보의 신뢰성을 확보함</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 장치구조</li> </ul>

## 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현장 선로에 설치되는 구성품은 최소화함             <ul style="list-style-type: none"> <li>: 선로에 관련 구성품이 설치될 경우 설치간격은 1,500m 이상이어야 함</li> </ul> </li> <li>• 장치는 단순한 구조일 것             <ul style="list-style-type: none"> <li>: 장치는 센서부와 센서의 신호를 받아 정보를 생성하는 신호처리부로 구성</li> <li>: 신호처리부는 레일절손검지와 인터페이스기능을 처리함</li> <li>: 선로에 설치되는 구성품은 설치와 설정이 용이할 것</li> <li>: 선로에 설치되는 구성품은 유지보수작업이 최소화되어야 하며, 교체가 용이할 것</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>성능요구사항</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 레일 파손 및 절손 위치 검지오차 : 100m 이내(일반철도 선로변에 설치하는 키로징 표기 간격 200m의 중간값으로 설정하였음)</li> <li>- 레일무결성 상태정보 주기 전송 : 1초</li> </ul>

### 자. 열차제어시스템 안전성 인증

#### (1) 열차제어시스템의 안전프로그램

- 안전프로그램은 시스템의 개발, 종합성능시험 및 시범사업 동안 진행되어야 함
- 안전프로그램은 안전관리체계, 안전관련 활동 및 승인된 마일스톤을 포함함
- 안전프로그램은 하드웨어 및 소프트웨어를 포함하여 시스템/하부시스템/장비의 모든 것을 포함함
- 안전프로그램은 시스템/하부시스템/장비의 변경사항 또는 추가사항이 발생할 경우에는 안전에 미치는 영향 평가를 포함하여 갱신됨
- 안전프로그램은 Safety Case plan을 포함함
- 안전프로그램은 IEC62278 또는 이에 상응하는 요구사항에 따라 준비되어야 하며, 관계기관의 합의를 필요로 함

#### (2) 열차제어시스템의 위험원 확인 및 위험평가 절차

- 열차제어장치 설계단계에서 사고 발생 가능성과 심각도를 평가하는 위험원 분석을 실시하여 잠재적 위험원을 확인·평가하고, 대책을 문서화 함
- 안전프로그램에 포함된 하부시스템의 위험원 분석, 고장모드, 영향과 심각도 분석, 결합 트리분석, 운영·지원 위험원 분석 등을 포함하여 위험원 분석의 종류를 고려함
- 안전프로그램에서 확인된 위험원은 위험원의 심각도 및 발생빈도로 평가됨

- 리스크평가는 위험원의 제거, 완화 또는 수용 여부를 결정하기 위한 기준으로 사용됨
- 설계단계에서의 위험원 대책은 위험원을 제거하는데 집중함
- 시스템에 변경이 있을 때마다, 새로운 위험원을 확인하고 해결하기 위해 분석을 시행함
- 열차제어장치는 자동열차보호기능을 실행하는데 치명적이라고 확인된 위험원 중 최소한 다음을 고려하여야 함

사 고	ATP 기능과 관련된 위험원
열차간 충돌	열차안전이격거리, 열차구름방지, 열차진로연동장치 및 주행방향
열차-구조물간 충돌	선로중단 보호, 제한진로 보호
유지보수자-열차간 충돌	열차제어장치 작업구역 보호
열차-장애물간 충돌	장애물 검지
탈선	열차과속보호, 열차진로연동
열차탑승객의 추락	출입문 개방제어 보호, 영(제로)속도 보호, 출발연동
건널목 충돌	건널목 장애물 검지
기타 안전설비	비상수문 등 안전설비의 설치위치 및 동작여부

### (3) 열차제어장치의 바이탈 기능

- 리스크 평가를 통해서 수용불가 또는 부적당한 것으로 판단 될 경우 수용할 수 있는 수준까지 통제되어야 함
- 리스크 평가과정을 통해 열차제어장치의 위험원을 허용할 수 있는 수준까지 안전측 동작 원칙에 따라 설계되어야 함

### (4) 안전 성능의 요구사항

- 안전측 동작 원칙과 방법을 확인할 수 있어야 함
- 평균위험요인 발생시간 요구사항을 확인할 수 있어야 함

### (5) 안전설계의 기본 원칙

- 열차제어장치는 안전하게 반응하고, 정상적인 입력범위, 다른 운영조건 및 환경조건에서 모든 자동열차보호기능을 정확하게 수행하여야 함
- 열차제어장치의 상태를 계속적으로 감시하여 성능의 이상 유무를 확인할 수 있도록 설계하여야 함

## 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

- 단순히 돌발 상황의 수정이나 취급자의 실수에 의하여도 시스템의 안전이 확보되도록 설계하여야 함
- 열차제어장치는 비정상적 시스템 부하, 비정상적(또는 부적절한) 입력 및 비정상적인 외부 영향(전기·기계·환경적 요인) 하에서도 안전하게 동작하여야 함
- 열차제어장치는 예측 가능 하드웨어 오작동이 발생한 경우 안전하게 동작하여야 함
- 논리처리부가 고장 나거나 논리적인 입출력의 부재 또는 결정이 불안정한 상황이 발생하여도 안전하게 동작하여야 함
- 열차제어장치 자체의 기능적인 요소, 보조 지상시스템, 그리고 작동절차는 고장 상황 시에 고장회복을 포함하여 열차가동의 안전을 위해 제공하여야 함

### 차. LTE-R 관련 검증

- 열차제어시스템용의 LTE-R 개발을 포함하지 않고, KTCS-2과제를 통해서 개발된 LTE-R 설비를 활용하여야 함
- LTE-R이 사용하는 주파수대역이 LTE-M 및 PS-LTE와 공동으로 사용함에 따라 통화간섭이 발생할 가능성이 있고, 이로 인하여 열차운행지연을 초래할 수 있음
- 고속(350km/h)으로 이동하는 열차 간 안전간격제어에 이동폐색을 적용함에 따라 양방향 연속(최소주기 0.5초)의 열차제어정보전송이 보장이 되어야 함
- 열차제어의 신뢰성과 안정성을 확보하기 위해서 LTE-R은 다음과 같은 기능을 제공할 것을 요구함
  - LTE-R은 주파수 이중화 기능을 지원하여야 함
    - : LTE-R 열차무선통신에 사용되는 700MHz 대역 주파수 단절 시 선로변에 구축되어 있는 상용주파수로 자동 전환하여야 함
  - LTE-R은 양방향 연속통신을 지원하여야 함
    - : 열차에 탑재된 LTE-R 차상단말은 최소 전송주기 0.5초마다 열차위치정보 등을 지상의 LTE-R망으로 전송하여야 함
    - : 지상의 LTE-R 망은 지상제어장치에서 생성한 열차이동권한 등을 차상의 LTE-R 차상단말로 최소 전송주기 0.5초마다 전송하여야 함

2. 연구개발 로드맵

구분	연구내용	1단계	2단계		
		2021	2022	2023	2024
1세부 시스템 통합 및 규격 검증	개발명세서 검증 및 보완	검증 및 보완			
	인터페이스 명세서 보완	검증 및 보완			
	법률제도 개정(안)	개정안 도출			작성
	실용화 지원(시험차량)	발주	실용화 지원		
	레일절손검지장치 설치 및 검증	설치	시험 및 검증		
	L3용 열차제어 통신장치 설치 및 성능 검증	설치	시험 및 검증		
	열차진로제어(L2 병행운행 포함) 설치 및 검증	설치	시험 및 검증		
2세부 현장시 험 지원 및 검증	지상-차상 통합시험 시험환경 설계 및 구축	구축	시험 및 검증		
	지상인프라 구축 및 운영	구축	운영		
	현장 종합시험 및 공인시험		공인시험		
	시험 차량 개조 및 운영	개조	운영		
	현장시험 운영 지원(시험선로 사용료 납부 등)	운영지원			
	차상 ATP/ATO 설치 및 검증	설치	시험 및 검증		
	지상 ATP/ATO 설치 및 검증	설치	시험 및 검증		
	ATP/ATO 인터페이스 장비 제작/설치 및 검증	설치	시험 및 검증		
	열차분리검지장치 설치 및 검증	설치	시험 및 검증		
	지상인프라 CTC 설계 및 설치(ETCS L3)	설치	시험 및 검증		
3세부 시스템 사양 업그레 이드 및 검증	KTCS-2 열차자동운전 개발명세서 작성	작성	검증		
	KTCS-2의 ATO 현장 공인시험	구축	시험 및 검증		
	지상장치 Baseline 업그레이드 2→3(SIL-4 인증)	조사 및 검토	기술개발		
	차상장치 Baseline 업그레이드 2→3(SIL-4 인증)	조사 및 검토	기술개발		
	ATP/ATO 인터페이스장비 Baseline 3 업그레이드	조사 및 검토	기술개발		
	KTCS-2의 ATO 구현(차상)	설치	시험 및 검증		
	KTCS-2의 ATO 구현(지상)	설치	시험 및 검증		
	지상인프라 CTC 설계 및 설치(KTCS-2+ATO)	설치	시험 및 검증		

[그림 3.111] 기술개발 로드맵

## 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

### 가. 1단계 실용화 연구개발

1단계 핵심요소는 선행연구를 통하여 개발된 KTCS-3 열차제어시스템의 성능검증을 위한 현장시험을 위한 사전 준비 및 시제품 설치를 수행함

- 일반·고속철도에 적용 가능한 분야별 개발장치를 설치하여 현차 검증을 위한 사전 준비 수행
- 레일절손검지장치 및 열차분리검지장치의 시험을 위하여 시험선에 설치
- KTCS-2 열차제어시스템의 열차자동운전(ATO)을 구현하기 위한 설치
- 선행연구를 통해서 확보한 LTE-R, 지상설비, 차상설비 등을 활용하고, 관제설비와 전자연동장치는 구매·발주함(발주사양서 작성)
- 시험 및 검증에 투입될 차량을 선정하고 구매함
- 실용화를 위한 개발명세서 검증·보완하고 법률제도 개선안을 도출함
- 차상/지상장치 Baseline 업그레이드를 위하여 조사 및 적용방안을 개발함

### 나. 2단계 실용화 연구개발

- 선행연구를 통하여 개발된 KTCS-3 열차제어시스템에 대하여 현장시험을 통하여 성능 검증으로 실용화의 기반을 마련함
- 오송종합시험선을 활용하여 종합성능시험, 안전성 인증(GA를 대상으로 한 SIL4)을 실시하고, 영업선에서 적용 가능성 검증
  - 국제규격(IEC)을 적용하여 안전성 인증(SA)을 실시함
- 2단계에서는 도시철도용 KTCS-1 열차제어시스템, 일반·고속철도용 KTCS-2 열차제어시스템 및 현재 사용 중인 일반철도용 ATP 설비와 1단계에서 개발한 열차제어시스템 간 상호운영기술을 확보함(공간통합)
- 개발명세서, 인터페이스명세서의 요구사항에 대한 성능을 검증함
- 법률제도 개정안을 도출하여 정리함
- 차상/지상장치의 기술규격인 Baseline 업그레이드를 위한 기술을 개발함
- ATP/ATO 인터페이스장비의 기술규격인 Baseline 업그레이드를 위한 기술을 개발함
- 시험선 현장시험에 대한 운영을 지원함

### 3. 연구단 과제구성

[표3.4] 연구단 세부과제별 주요임무

구 분		연구 내 용	비 고
1세 부	시스템 통합 및 규격 검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개발명세서 검증 및 보완</li> <li>• 인터페이스 명세서 보완</li> <li>• 법률제도 개정(안)</li> <li>• 실용화 지원(시험차량)</li> <li>• 레일절손검지장치 설치 및 검증</li> <li>• ETCS L3용 열차제어 통신장치 설치 및 성능 검증</li> <li>• 열차진로제어(KTCS-2 병행운행 포함) 설치 및 검증</li> </ul>	
2세 부	현장시험 지원 및 검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지상-차상 통합시험 환경설계 및 구축</li> <li>• 지상인프라 구축 및 운영</li> <li>• 현장 종합시험 및 공인시험</li> <li>• 시험차량 개조 및 운영</li> <li>• 현장시험 운영 지원(시험선로 사용료 납부 등)</li> <li>• 차상 ATP/ATO 설치 및 검증</li> <li>• 지상 ATP/ATO 설치 및 검증</li> <li>• ATP/ATO 인터페이스 장비 제작/설치 및 검증</li> <li>• 열차분리검지장치 설치 및 검증</li> <li>• 지상인프라 CTC 설계 및 설치(ETCS L3)</li> </ul>	
3세 부	시스템 사양 업그레이드 및 검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KTCS-2 열차자동운전 개발명세서 작성</li> <li>• KTCS-2의 ATO 현장 공인시험</li> <li>• 지상장치 Baseline 업그레이드 2 → 3 (SIL-4 인증 포함)</li> <li>• 차상장치 Baseline 업그레이드 2 → 3 (SIL-4 인증 포함)</li> <li>• ATP/ATO 인터페이스 장비 Base Line 3 업그레이드</li> <li>• KTCS-2의 ATO 구현(차상)</li> <li>• KTCS-2의 ATO 구현(지상)</li> <li>• 지상인프라 CTC 설계 및 설치(KTCS-2+ATO)</li> </ul>	

- 세부과제 1은 시스템개발규격서와 인터페이스명세서를 토대로 요구사항의 적정성을 검토하고 열차제어시스템의 성능이 요구사항을 만족하는지에 대한 검증을 수행하고 실용화를 위한 현장시험용 차량의 구매 및 레일절손검지장치, 통신장치, 진로제어장치 설치 및 성능검증을 수행함
- 세부과제 2는 실용화를 위하여 시험선에 선행연구사업에서 개발된 시제품을 설치하여 시험인프라를 구축하여 운영, 성능검증을 수행하며 기존차량의 시험을 위한 차량의 개

## 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

조하고 운영함. 열차분리검지장치를 설치하고 경능을 검증하고 지상인프라인 시험선 CTC 구축을 위한 설계와 설치를 수행함

- 3세부는 선행과제에서 개발한 KTCS-2 열차제어시스템의 열차자동운전(ATO) 기능을 구현하기 위하여 개발명세서의 작성, 차상/지상 ATO 구현, 성능검증을 수행함. 또한 선행과제에서 개발한 KTCS-2 및 KTCS-3의 기술규격 업그레이드(Baseline 2 → 3)를 위한 기술개발을 수행함

## 4절 세부과제별 주요 내용 및 추진전략

### 1. 세부과제 1: 시스템 통합 및 규격 검증

#### 가. 개발명세서 검증 및 보완

구 분	내 용
연구과제명	개발명세서 검증 및 보완
연구개발목표	장치의 규격 및 기술기준 등 관련 기술의 제도화 체계 확립
연구기간 및 지원예산	- 4년(5.59억원)
연구개발 필요성 및 기술동향	<b>연구개발 필요성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 무선통신을 이용한 고속철도용 열차제어시스템은 자동운전을 지원하는 차세대시스템으로서 유럽, 중국 등에서 진행하고 있음</li> <li>- 선행연구과제에서 개발된 KTCS-3 열차제어시스템의 개발명세서의 적정성을 현장시험을 통하여 검증하여 제도화할 필요성이 있음.</li> <li>- 특히 철도노선 간 연계체계를 용이하게 구축하기 위해서는 ETCS처럼 공동의 시스템규격서를 확립하는 것이 필요함</li> </ul>
	<b>정부지원의 필요성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차제어시스템은 공공인프라인 철도의 안전하고 효율적인 운영을 보장하는 핵심설비이나, 현재까지 외산시스템을 도입 운용하고 있음</li> <li>- 철도의 스마트화, 지능화에 따라 열차제어시스템의 중요성이 커지고 있으며, 높은 수준의 시스템 운영능력을 필요로 하는 열차제어시스템이 도입되어 운용되고 있음</li> <li>- 상당수의 노선은 노후화되어 개량이 필요하나 신호시스템 제작업체는 새로운 시스템에 대한 이해부족, 많은 개발비용 등으로 차세대 열차제어시스템 개발에 소극적임</li> <li>- 새로운 차세대시스템의 실용화를 촉진하기 위해서는 장치의 개발명세서의 요구사항을 검증하여 정립하는 것은 기업체가 아닌 정부의 차원에서 객관적인 시스템 규격을 정립하여야 하므로 정부의 지원이 요구됨</li> </ul>
	<b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 기존 연구개발사업인 무궤도회로 기반의 KTCS-3 연구개발사업에서 개발한 첨단기술이 사장되지 않도록 시험 및 성능검증을 수행하여 실용화의 기반을 마련함</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 또한 기존연구개발사업인 일반·고속철도용 열차제어시스템 연구개발사업에서 개발을 완료하여 전라선 시범노선에 구축 중인 KTCS-2 열차제어시스템의 열차자동운전(ATO)을 구현하여 안전성과 운영효율성을 향상시키기 위한 연구임</li> </ul>
연구개발내용	<b>연구개발 주요 내용</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• KTCS-3 열차제어시스템 개발명세서 요구사항 분석</li> <li>• KTCS-3 열차제어시스템 개발명세서 요구사항 검증</li> <li>• KTCS-3 열차제어시스템 개발명세서 보완</li> </ul>
	<b>연차별 연구내용(연구일정)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2021년 : 개발명세서 검토</li> <li>• 2022년 ~ 2024년 : 검증 및 보완</li> </ul>
연구개발추진방법	<b>기술수요처 및 실용화 방안</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국철도시설공단, 한국철도공사 등</li> <li>- 장치규격서 제정 및 적용</li> </ul>
	<b>기대효과 및 파급효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 새로운 열차제어시스템의 상용화 여건 마련</li> <li>- 신 시스템에 대한 열차제어시스템의 호환성 확보</li> </ul>
연구개발 성과물	<b>최종성과물</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차제어시스템 개발명세서</li> </ul>
	<b>연차별 연구내용별 성과지표</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차년도               <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차제어시스템 개발명세서 검토서</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 2~4차년도               <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차제어시스템 개발명세서 제/개정안</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
	<b>성과물 검증방안</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전문가에 의한 검증               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 유사기술 개발 및 연구 경험이 있는 전문가 자문위원회를 구성하고, 주기적 회의를 통하여 열차제어시스템 개발규격서의 타당성에 대한 검증 수행</li> </ul> </li> <li>- 시험운행을 통한 검증               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험선에서 시범운행을 통한 검증</li> </ul> </li> <li>- 성과지표별 검증방안               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
기타	

나. 인터페이스 명세서 보완

구 분	내 용
연구과제명	인터페이스명세서 검증 및 보완
연구개발목표	장치간 인터페이스 관련 기술의 제도화 체계 확립
연구기간 및 지원예산	- 4년 (1.75억원)
연구개발 필요성 및 기술동향	<p><b>연구개발 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 무선통신을 이용한 고속철도용 열차제어시스템은 자동운전을 지원하는 차세대시스템으로서 유럽, 중국 등에서 진행하고 있음</li> <li>- 선행연구과제에서 개발된 KTCS-3 열차제어시스템 간의 인터페이스 적정성을 현장시험을 통하여 검증하여 제도화할 필요성이 있음.</li> <li>- 특히 철도노선 간 연계체계를 용이하게 구축하기 위해서는 ETCS처럼 공동의 인터페이스 규격서를 확립하는 것이 필요함</li> </ul>
	<p><b>정부지원의 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차제어시스템은 공공인프라인 철도의 안전하고 효율적인 운영을 보장하는 핵심설비이나, 현재까지 외산시스템을 도입 운용하고 있음</li> <li>- 철도의 스마트화, 지능화에 따라 열차제어시스템의 중요성이 커지고 있으며, 높은 수준의 시스템 운영능력을 필요로 하는 열차제어시스템이 도입되어 운용되고 있음</li> <li>- 상당수의 노선은 노후화되어 개량이 필요하나 신호시스템 제작업체는 많은 개발비용 등으로 차세대 열차제어시스템 개발에 소극적임</li> <li>- 새로운 차세대시스템의 실용화를 촉진하기 위해서는 장치간의 인터페이스 요구사항을 검증하여 정립하는 것은 기업체가 아닌 정부의 차원에서 객관적인 인터페이스 규격을 정립하여야 하므로 정부의 지원이 요구됨</li> </ul>
	<p><b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 기존 연구개발사업인 무궤도회로 기반의 KTCS-3 연구개발사업에서 개발한 첨단기술이 사장되지 않도록 시험 및 성능검증을 수행하여 실용화의 기반을 마련함</li> <li>- 또한 기존연구개발사업인 일반·고속철도용 열차제어시스템 연구개발사업에서 개발을 완료하여 전라선 시범노선에 구축 중인 KTCS-2 열차제어시스템의 열차자동운전(ATO)을 구현하여 안전성과 운영효율성을 향상시키기 위한 연구임</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

연구개발내용	<b>연구개발 주요 내용</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• KTCS-3 열차제어시스템 인터페이스명세서 요구사항 분석</li> <li>• KTCS-3 열차제어시스템 인터페이스명세서 요구사항 검증</li> <li>• KTCS-3 열차제어시스템 인터페이스명세서 보완</li> </ul>
	<b>연차별 연구내용(연구일정)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2021년 : 인터페이스명세서 검토</li> <li>• 2022년 ~ 2024년 : 검증 및 보완</li> </ul>
연구개발추진방법	<b>기술수요처 및 실용화 방안</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국철도시설공단, 한국철도공사 등</li> <li>- 인테이스규격서 제정 및 적용</li> </ul>
	<b>기대효과 및 파급효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 새로운 열차제어시스템의 상용화 여건 마련</li> <li>- 신 시스템에 대한 열차제어시스템의 호환성 확보</li> </ul>
연구개발 성과물	<b>최종성과물</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차제어시스템 인테이스명세서</li> </ul>
	<b>연차별 연구내용별 성과지표</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차제어시스템 인터페이스명세서 검토서</li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수</li> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 2~4차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차제어시스템 인터페이스명세서 제/개정안</li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수</li> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
	<b>성과물 검증방안</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전문가에 의한 검증           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 유사기술 개발 및 연구 경험이 있는 전문가 자문위원회를 구성하고, 주기적 회의를 통하여 열차제어시스템 인터페이스규격서의 타당성에 대한 검증 수행</li> </ul> </li> <li>- 시험운행을 통한 검증           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험선에서 시범운행을 통한 검증</li> </ul> </li> <li>- 성과지표별 검증방안           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
기타	

다. 법률제도 개정

구 분	내 용
연구과제명	법률제도 개정
연구개발목표	법률제도 상 저해요소 도출 및 개선안 마련
연구기간 및 지원예산	- 4년 (1.75억원)
연구개발 필요성 및 기술동향	<p><b>연구개발 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 무선통신을 이용한 고속철도용 열차제어시스템은 자동운전을 지원하는 차세대시스템으로서 유럽, 중국 등에서 진행하고 있음</li> <li>- 선행연구과제에서 개발된 KTCS-3 열차제어시스템을 상용화하기 위하여 법률제도 상 문제점을 도출하고 개선안을 마련하여 개정할 필요성이 있음</li> </ul>
	<p><b>정부지원의 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차제어시스템은 공공인프라인 철도의 안전하고 효율적인 운영을 보장하는 핵심설비이나, 현재까지 외산시스템을 도입 운용하고 있음</li> <li>- 철도의 스마트화, 지능화에 따라 열차제어시스템의 중요성이 커지고 있으며, 높은 수준의 시스템 운영능력을 필요로 하는 열차제어시스템이 도입되어 운용되고 있음</li> <li>- 새로운 차세대시스템의 실용화를 촉진하기 위하여 KTCS-3 열차제어시스템 적용에 걸림돌이 되는 법률 및 제도 및 규정을 검토하여 개선하기 위하여 정부지원이 필요함</li> </ul>
	<p><b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 기존 연구개발사업인 무궤도회로 기반의 KTCS-3 연구개발사업에서 개발한 첨단기술이 상용화될 수 있는 법률 및 제도의 기반을 마련함</li> </ul>
연구개발내용	<p><b>연구개발 주요 내용</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• KTCS-3 열차제어시스템과 관련된 법률, 제도, 규정의 분석</li> <li>• KTCS-3 열차제어시스템과 관련된 법률 및 제도의 개선안 도출</li> </ul>
	<p><b>연차별 연구내용(연구일정)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2021년 ~ 2023년 : 법률 및 제도 검토 및 개정안 도출</li> <li>• 2024년 : 개정안 작성</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

<p style="text-align: center;"><b>연구개발추진방법</b></p>	<p><b>기술수요처 및 실용화 방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국철도시설공단, 한국철도공사 등</li> <li>- 법률제도의 제정 및 적용</li> </ul>
	<p><b>기대효과 및 파급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 새로운 열차제어시스템의 상용화 여건 마련</li> <li>- 첨단 열차제어시스템의 적용으로 안전성, 운영효율성 향상</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>연구개발 성과물</b></p>	<p><b>최종성과물</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 법률제도 개정안</li> </ul>
	<p><b>연차별 연구내용별 성과지표</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1~3차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 법률제도 검토보고서</li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수</li> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 4차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 법률제도 개정안</li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수</li> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>성과물 검증방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전문가에 의한 검증           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 유사기술 개발 및 연구 경험이 있는 전문가 자문위원회를 구성하고, 주기적 회의를 통하여 열차제어시스템과 관련된 법률제도의 문제점 및 개정안에 대한 검증 수행</li> </ul> </li> <li>- 성과지표별 검증방안           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>기타</b></p>	

라. 실용화 지원(시험차량 구매)

구분	내 용
연구과제명	실용화 지원(시험차량 구매)
연구개발목표	개발한 첨단기술의 성능검증을 위한 시험차량의 구매
연구기간 및 지원예산	- 4년 (41.96억원)
<p style="text-align: center;"><b>연구개발 필요성 및 기술동향</b></p>	<p><b>연구개발 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 무선통신을 이용한 고속철도용 열차제어시스템은 자동운전을 지원하는 차세대시스템으로서 유럽, 중국 등에서 진행하고 있음</li> <li>- 선행연구과제에서 개발된 KTCS-3 열차제어시스템을 상용화하기 위하여 시험선에서 성능을 검증할 필요가 있음</li> <li>- 고속열차가 가장 적합하나 현재 운행되는 고속열차의 부족으로 시험차량으로 투입하려면 영업운행 종료 후 시험이 가능함.             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 영업운행 종료 후 시험에 투입하려면 개발한 열차제어시스템을 차량에 설치 시 개조승인을 득하여야 하고 시스템 전체 운영을 위한 개조 비용이 많이 소요됨(KTCS-2 경우 편성 당 40억)</li> <li>• 영업종료 후 시험차량이 오송시험선으로 이동하여 시험 수행 시 시험시간의 부족 및 야간 시험으로 인하여 효율성이 떨어짐</li> <li>• 해무 시험열차는 노후화로 인하여 자동운전 성능을 검증하기 어려우므로 고속에서 열차제어시스템 성능 검증에 활용함</li> <li>• 따라서 KTCS-2 및 KTCS-3 열차제어시스템의 열차자동운전(ATO) 구현을 위한 전용 시험차량의 구매가 필요함</li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>정부지원의 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차제어시스템은 공공인프라인 철도의 안전하고 효율적인 운영을 보장하는 핵심설비이나, 현재까지 외산시스템을 도입 운용하고 있음</li> <li>- 철도의 스마트화, 지능화에 따라 열차제어시스템의 중요성이 커지고 있으며, 높은 수준의 시스템 운영능력을 필요로 하는 열차제어시스템이 도입되어 운용되고 있음</li> <li>- 새로운 차세대시스템의 실용화를 위한 시험검증이 필수적이므로 시험 및 검증을 위한 차량구매에 정부지원이 필요함</li> </ul>
	<p><b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 기존 연구개발사업에서 개발한 첨단기술이 상용화될 수 있도록 성능을 검증하고 자동화운전을 구현하기 위한 후속연구임</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

연구개발내용	<b>연구개발 주요 내용</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>KTCS-3 열차제어시스템 성능검증 및 KTCS-2 열차제어 시스템에 자동운전(ATO) 기능 구현을 위한 시험차량 구매</li> </ul>
	<b>연차별 연구내용(연구일정)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>2021년 : 차량 구매발주</li> <li>2022년 ~ 2024년 : 차량 인도 및 관리</li> </ul>
연구개발추진방법	<b>기술수요처 및 실용화 방안</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>한국철도시설공단, 한국철도공사 등</li> <li>개발한 첨단 열차제어시스템의 자동운전 구현</li> </ul>
	<b>기대효과 및 파급효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>새로운 열차제어시스템의 상용화 여건 마련</li> <li>첨단 열차제어시스템의 자동운전 실현으로 안전성, 운영효율성 향상 및 운영비 절감</li> </ul>
연구개발 성과물	<b>최종성과물</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>시험차량 구매발주서</li> </ul>
	<b>연차별 연구내용별 성과지표</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>1차년도 : 연구내용별 성과물  <ul style="list-style-type: none"> <li>시험차량 구매발주서</li> <li>논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수</li> <li>해당사항 없음</li> </ul> </li> <li>2~4차년도 : 연구내용별 성과물  <ul style="list-style-type: none"> <li>시험차량 관리 관련 서류</li> <li>논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수</li> <li>해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
	<b>성과물 검증방안</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>전문가에 의한 검증  <ul style="list-style-type: none"> <li>유사기술 개발 및 연구 경험이 있는 전문가 자문위원회를 구성하고, 자문회의를 통하여 적정한 차량 선정 및 요구사항에 대한 적정성 검증 수행</li> </ul> </li> <li>성과지표별 검증방안  <ul style="list-style-type: none"> <li>해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
기타	

마. 레일절손검지장치 설치 및 검증

구 분	내 용
연구과제명	레일절손검지장치 설치 및 성능검증
연구개발목표	레일절손검지장치의 성능검증
연구기간 및 지원예산	- 4년(11.52억)
연구개발 필요성 및 기술동향	<p><b>연구개발 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존선의 신호시스템을 무선통신방식의 열차제어시스템으로 개량하는 경우, 기존 인프라인 궤도회로를 활용하여 레일절손을 검지할 수 있음</li> <li>- 신선의 경우 궤도회로를 설치하지 않으므로 레일파손, 레일절손이 발생된 구역으로 열차가 접근하는 것을 차단할 수 없음</li> <li>- 궤도회로를 사용하지 않음에 따라, 끊어진 레일의 위치를 검지할 수 있는 새로운 기술의 개발이 요구됨</li> <li>- 레일절손검지장치는 지상에 설치되며, 지상신호장치와 연계하여 레일절손으로 인한 열차사고를 방지함</li> <li>- 최신 철도기술을 선도하고 있는 유럽의 경우 Axle Counter를 이용한 기술, 궤도회로를 개량한 방법, 광케이블 이용한 DAS(Distributed Acoustic Sensing) 등이 검토되고 있음</li> <li>- 전단계 연구개발사업으로 개발한 레일절손검지장치의 실용화를 위하여 시험선에 설치하여 성능을 검증할 필요가 있음</li> </ul>
	<p><b>정부지원의 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 차세대 열차제어시스템을 상용화하기 위해서는 궤도회로의 임무를 대체하는 장치가 궤도회로와 동등 또는 그 이상의 안전성을 확보하고 있는 것이 확인되어야 함</li> <li>- 레일절손검지장치는 차세대 열차제어시스템과 연계되어야 함</li> <li>- 차세대 열차제어시스템의 성능을 검증 시 레일절손검지장치의 검증을 동시에 수행하고 표준규격을 제정하여 차세대 열차제어시스템 상용화 여건을 마련함</li> <li>- 기업과 정부가 개발비용을 공동분담하는 방식으로 시험 및 검증을 진행할 필요가 있음</li> </ul>
	<p><b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 기존 연구개발사업인 무궤도회로 기반의 KTCS-3 연구개발사업에서 개발한 첨단기술이 사장되지 않도록 시험 및 성능검증을 수행하여 실용화의 기반을 마련함</li> <li>- 또한 전단계 연구개발사업에서 개발한 레일절손검지장치의 성능을 검증하고 차세대 열차제어시스템과 연계할 필요가 있음</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

연구개발내용	<b>연구개발 주요 내용</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 레일절손검지장치의 시험선 설치</li> <li>• 레일절손검지장치의 성능 검증</li> <li>• 레일절손검지장치와 열차제어시스템의 연계 성능 검증</li> </ul>
	<b>연차별 연구내용(연구일정)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2021년 : 레일절손검지장치의 시험선 설치</li> <li>• 2022년 ~ 2024년 : 시험 및 성능검증</li> </ul>
연구개발추진방법	<b>기술수요처 및 실용화 방안</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국철도시설공단, 한국철도공사 등</li> <li>- 레일절손검지장치와 열차제어시스템의 연계</li> </ul>
	<b>기대효과 및 파급효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 무궤도회로 기반에서 레일이 절손을 검지하여 안전성 확보</li> </ul>
연구개발 성과물	<b>최종성과물</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 레일절손검지장치의 성능검증보고서</li> </ul>
	<b>연차별 연구내용별 성과지표</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차년도               <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• 레일절손검지장치 설치</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 2~4차년도               <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• 레일절손검지장치 성능검증보고서</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
	<b>성과물 검증방안</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시험 운영을 통한 검증               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험선에서 시범운행을 통한 검증</li> </ul> </li> <li>- 성과지표별 검증방안               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
기타	

바. KTCS-3용 열차제어 통신장치 설치 및 성능검증

구분	내 용
연구과제명	KTCS-3용 열차제어 통신장치 설치 및 성능검증
연구개발목표	열차제어 무선통신장치의 성능검증
연구기간 및 지원예산	- 4년 (16.43억)
<p style="text-align: center;"><b>연구개발 필요성 및 기술동향</b></p>	<p><b>연구개발 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차무선통신용에 사용하는 주파수인 700MHz 대역을 "초고속해상무선통신망(LTE-M)" 및 "재난안전망(PS-LTE)" 과 공동 사용함에 따라 철도전용무선통신망(LTE-R)의 주파수 간섭여부에 대한 검증이 필요함</li> <li>- 유럽은 철도용으로 GSM-R을 구축·운영하고 있으며, GSM-R의 심각한 장애 또는 통화량 폭주 시, 상용GSM망을 대안망으로 운용할 수 있는 체계를 마련하였음</li> <li>- 철도운영자의 LTE-R망 구축전략 및 운영전략에 따라 상용망 활용여부가 결정되겠으나, LTE-R을 구축하고 있는 단계에서 다양한 어려움이 발생할 것이며, 이를 해결하는데 필요한 기술을 선도적으로 확보할 필요가 있음</li> <li>- 열차제어 무선통신망의 신뢰성과 안전성을 위한 주파수 이중화 기능을 위해서 LTE-R 열차무선통신용에 사용하는 전용주파수인 700MHz 대역 주파수 단절 시 선로 주변의 상용주파수로 전환하는 자동 주파수 변경 기능에 대한 시험 및 검증이 필요함</li> <li>- KTCS-2와 달리 이동폐색을 적용하기 위해서는 지상과 열차 간에 양방향 연속통신(최소 전송주기 0.5초)을 적용하여야 하며, 이를 위한 무선접속제어에 대한 성능검증이 필요함</li> </ul>
	<p><b>정부지원의 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 무선통신은 그 특성상 주파수 간섭, 단절현상을 피할 수 없고, 악의적인 전파 방해 및 사이버 기만 공격 등에 취약함. 국민의 생명과 안전을 보장하고 철도 무선통신에 최적화된 고신뢰 보안 통신기술에 대한 성능검증이 필요함</li> </ul>
	<p><b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 기존 연구개발사업인 무궤도회로 기반의 KTCS-3 연구개발사업에서 개발한 열차제어 무선통신망 성능에 대한 검증을 수행하여 실용화의 기반을 마련함</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

<p style="text-align: center;"><b>연구개발내용</b></p>	<p><b>연구개발 주요 내용</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 동일주파수내 LTE-R 간섭 회피 기술의 검증</li> <li>• LTE-R 열차무선통신용에 사용하는 주파수인 700MHz 대역 주파수 단절시 기차 선로 주변의 상용주파수로 전환하는 자동 주파수 변경 기능 구현의 검증</li> <li>• 고속으로 주행하는 열차의 이동폐색제어를 위한 양방향 연속 무선접속제어 성능 검증</li> </ul> <p><b>연차별 연구내용(연구일정)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2021년 : KTCS-3용 열차제어 통신장치 시험선 설치</li> <li>• 2022년 ~ 2024년 : 시험 및 성능검증</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>연구개발추진방법</b></p>	<p><b>기술수요처 및 실용화 방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국철도시설공단, 한국철도공사 등</li> <li>- LTE-R 무선통신장치와 열차제어시스템의 연계</li> </ul> <p><b>기대효과 및 파급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시험선 구축 및 성능 평가로 인프라 핵심부품 국산화에 기여</li> <li>- 철도 통신보안 알고리즘 등 핵심 시스템 상용화 개발에 기여</li> <li>- LTE-R 알고리즘의 성능검증 및 안정성/호환성 인증을 통한 실용화 신뢰성 확보</li> <li>- 미래 고속철도 통신 및 보안 기준 개발에 기여</li> <li>- LTE-R 신뢰성 및 가용성 향상기술 기반으로 해외수출 경쟁력 강화</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>연구개발 성과물</b></p>	<p><b>최종성과물</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차제어 무선통신장치 성능검증보고서</li> </ul> <p><b>연차별 연구내용별 성과지표</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차제어 무선통신장치 설치</li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수</li> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 2~4차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차제어 무선통신장치 성능검증보고서</li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발 건수, 시제품 개발 건수</li> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> <p><b>성과물 검증방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시험 운영을 통한 검증           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험선에서 시범운행을 통한 검증</li> </ul> </li> <li>- 성과지표별 검증방안           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>기타</b></p>	

## 사. 열차진로제어(KTCS-2 병행운행 포함) 설치 및 성능검증

구분	내 용
연구과제명	열차진로제어(KTCS-2 병행운행 포함) 설치 및 성능검증
연구개발목표	이동폐색을 지원하는 전자연동장치의 성능검증
연구기간 및 지원예산	- 4년(11.19억)
연구개발 필요성 및 기술동향	<b>연구개발 필요성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현재 사용 중인 일반·고속철도의 전자연동장치는 궤도회로를 이용하여 검지한 열차위치정보를 사용하고 있음</li> <li>- 열차제어에 무선통신을 이용한 이동폐색제어기술을 적용하고, 열차의 자동운전을 지원하면, 일반·고속철도의 수송용량(운행회수)이 증가하면서 도시철도와 유사하게 열차운전시격을 단축해서 운행하여야 하며, 기존보다 많은 연동임무를 처리하여야 함</li> <li>- 이동폐색을 지원하도록 개량한 전자연동장치를 설치하고 성능을 검증하는 연구를 수행할 필요가 있음</li> </ul>
	<b>정부지원의 필요성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차제어시스템의 하부장치인 전자연동장치는 국내기업이 충분한 경쟁력을 갖고 있으며, 사용자의 요구사항을 만족하는 전자연동장치를 공급하고 있음</li> <li>- 열차제어시스템의 성능검증을 위해서 열차진로제어장치와의 연계가 요구되므로 이동폐색을 지원하는 전자연동장치를 설치하고 성능을 검증하는 것이 적절함</li> </ul>
	<b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 기존 연구개발사업인 무궤도회로 기반의 KTCS-3 연구개발사업에서 개발한 이동폐색을 지원하는 전자연동장치의 성능에 대한 검증을 수행하여 실용화의 기반을 마련함</li> </ul>
연구개발내용	<b>연구개발 주요 내용</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차운행 실시간 제어장치의 시험선 설치</li> <li>- 열차운행 실시간 제어기능의 성능검증</li> </ul>
	<b>연차별 연구내용(연구일정)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2021년 : KTCS-3용 전자연동장치 시험선 설치</li> <li>• 2022년 ~ 2024년 : 시험 및 성능검증</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

연구개발추진방법	<b>기술수요처 및 실용화 방안</b> - 한국철도시설공단, 한국철도공사 등 - KTCS-3 구축 시 기존 전자연동장치 개량기술 확보
	<b>기대효과 및 파급효과</b> - 새로운 열차제어시스템 조기 상용화에 따른 외국과의 기술 경쟁력 확보를 통하여 국내외 시장 선점 - 열차운행편성수 증대, 일반철도의 자동운전 적용으로 열차 운영효율성 향상, 수송용량 향상 등으로 철도운영기관의 수익성 제고 및 국민서비스 향상
연구개발 성과물	<b>최종성과물</b> - 열차진로제어장치 성능검증보고서
	<b>연차별 연구내용별 성과지표</b> - 1차년도 : 연구내용별 성과물 • 열차진로제어장치 설치 : 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수 • 해당사항 없음 - 2~4차년도 : 연구내용별 성과물 • 열차진로제어장치 성능검증보고서 : 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발 건수, 시제품 개발 건수 • 해당사항 없음
	<b>성과물 검증방안</b> - 시험 운영을 통한 검증 • 시험선에서 시범운행을 통한 검증 - 성과지표별 검증방안 • 해당사항 없음
기타	

아. 지상/차상 통합시험 환경 설계 및 구축

구분	내용
연구과제명	지상/차상 통합시험 환경 설계 및 구축
연구개발목표	ATP/ATO 차상장치와 지상장치 통합시험 환경 설계 및 구축
연구기간 및 지원예산	- 4년 (5.59억)
연구개발 필요성 및 기술동향	<b>연구개발 필요성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차제어시스템의 핵심장치는 지상에 설치되는 지상ATP, 열차에 설치되는 차상ATP, 차상ATO이며, 상호운영성을 확보하는데 있어서 중요한 역할을 담당함</li> <li>- 지상ATP, 차상ATP, 차상ATO의 경우, 이동폐색제어기술, 자동운전기술을 검증하는 것이 필요함</li> <li>- 차상ATP/ATO장치와 지상장치의 통합시험을 위한 환경을 마련하고 구축하는 것이 요구됨</li> <li>- 따라서 지상/차상 통합시험을 위한 여건 마련을 위한 설계와 구축이 필요함</li> </ul>
	<b>정부지원의 필요성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차제어시스템은 공공인프라인 철도의 안전하고 효율적인 운영을 보장하는 핵심설비이나, 지상설비와 차상설비간 상호운영성이 필요함</li> <li>- 열차제어시스템의 핵심장치인 지상ATP, 차상ATP, 차상ATO가 적절하게 연계되어야 효율적인 열차운영과 상호운영이 가능해짐</li> <li>- 또한 차세대 열차제어시스템을 개발하여 기술을 선도하고, 이를 실용하기 위해서는 많은 위험이 있어 정부와 기업이 이를 분담하는 전략이 요구됨</li> </ul>
	<b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 기존 연구개발사업인 무궤도회로 기반의 KTCS-3 연구개발사업에서 개발한 지상장치와 차상장치의 통합을 위한 시험환경을 설계하고 구축하여 실용화의 기반을 마련함</li> </ul>
연구개발내용	<b>연구개발 주요 내용</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 차상ATP/ATO장치와 지상장치의 통합시험 환경을 마련하기 위한 설계를 수행하고 구축함</li> </ul>
	<b>연차별 연구내용(연구일정)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2021년 : KTCS-3용 통합시험 환경 설계 및 구축</li> <li>• 2022년 ~ 2024년 : 시험 및 성능검증</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

<p style="text-align: center;"><b>연구개발추진방법</b></p>	<p><b>기술수요처 및 실용화 방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국철도시설공단, 한국철도공사 등</li> <li>- KTCS-3용 시험 검증 기술 확보</li> </ul>
	<p><b>기대효과 및 파급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내 최초로 고속철도용 열차자동제어기술을 확보하는 것이며 이를 통한 열차제어시스템의 기능 범위 확대 및 성능 향상으로 수출경쟁력 제고</li> <li>- ATP 핵심기술인 이동폐색제어기술, 열차속도제어기술은 세계적으로 지속적으로 요구되는 기술이며 ATP 차상장치 및 지상장치에 탑재하여 제품의 성능 증진에 기여할 수 있음</li> <li>- 열차자동제어기술 확보를 통해 유사 시 지속적인 열차운행을 수행할 수 있도록 하여 국민 편의 향상에도 기여함</li> <li>- 국내 표준 제정과 함께 필요시 유럽 등의 동향에 맞춰 상호 운영성을 확보하기 위한 개정과정까지 포함함으로써 개발 시스템 상호간 및 향후 국제 표준과의 호환성을 유지하며 이를 통한 수출 경쟁력 확보</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>연구개발 성과물</b></p>	<p><b>최종성과물</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지상/차상 통합시험환경 설계보고서</li> </ul>
	<p><b>연차별 연구내용별 성과지표</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 지상/차상 통합시험환경 설계보고서 작성</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 2~4차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 지상/차상 통합시험환경 설계보고서 보완</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발 건수, 시제품 개발 건수               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>성과물 검증방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전문가에 의한 검증           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 유사기술 개발 및 연구 경험이 있는 전문가 자문위원회를 구성하고, 자문회의를 통하여 적정한 차량 선정 및 요구사항에 대한 적정성 검증 수행</li> </ul> </li> <li>- 시험 운영을 통한 검증           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험선에서 시범운행을 통한 검증</li> </ul> </li> <li>- 성과지표별 검증방안           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>기타</b></p>	

자. 지상인프라 구축 및 운영

구분	내용
연구과제명	지상인프라 구축 및 운영
연구개발목표	시험선 지상인프라 구축 및 관리 및 운영
연구기간 및 지원예산	- 4년(5.59억)
연구개발 필요성 및 기술동향	<p><b>연구개발 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차제어시스템은 지상제어설비, 차상제어설비, 유·무선통신설비 및 기타 장치 등으로 구성되어 자동운전을 지원하는 철도안전설비임</li> <li>- 열차가 주행하는 철도노선은 주변 환경으로부터 많은 영향을 받고 있으며, 이러한 영향이 예측하지 못하는 상황을 초래할 수 있기 때문에 단순히 기능과 성능이 정확하게 동작하는 것을 확인하는 것도 중요하지만 주변 환경의 변화에 열차제어시스템이 적절하게 동작하는 것을 확인하는 것도 중요함</li> <li>- 따라서 자동운전을 지원하는 열차제어시스템이 다양한 환경과 많은 운영조건(운영시나리오)에서 정상적으로 동작하여 안전과 운영효율성을 보장하는 것을 검증하기 위해서는 시험계획서 개발이 요구됨</li> </ul>
	<p><b>정부지원의 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차제어시스템은 공공인프라인 철도의 안전하고 효율적인 운영을 보장하는 핵심설비이나, 현재까지 외산시스템을 도입운영하고 있음</li> <li>- 열차제어시스템에 요구되는 높은 안전성과 공공인프라 특성상 정부정책의 영향을 많이 받고 있으나, 이를 상용화하기 위한 제도적인 여건이 많이 부족한 상황임</li> <li>- 또한 시험평가에 필요한 시험인프라는 국내 시스템 전문기업이 확보하기에는 경제적으로 많은 부담이 되며, 시험인프라는 정책적으로 확보하여야 함</li> <li>- 개발된 첨단 시스템의 실용화를 통한 국민편익증진과 일자리 창출이라는 국가적 목표달성을 위해서는 정부의 지원이 필요함</li> </ul>
	<p><b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 기존 연구개발사업인 무궤도회로 기반의 KTCS-3 연구개발사업에서 개발한 장치의 성능에 대한 검증을 수행하기 위한 시험인프라를 구축하여 실용화의 기반을 마련함</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

연구개발내용	<b>연구개발 주요 내용</b> - 열차제어시스템 성능검증을 위한 시험계획서 작성 - 열차제어시스템 시험선 지상인프라의 운영
	<b>연차별 연구내용(연구일정)</b> • 2021년 : KTCS-3 열차제어시스템 성능검증을 위한 시험 계획서 작성 • 2022년 ~ 2024년 : 시험선 지상인프라의 운영
연구개발추진방법	<b>기술수요처 및 실용화 방안</b> - 한국철도시설공단, 한국철도공사 등 - KTCS-3 열차제어시스템의 성능검증 기술 확보
	<b>기대효과 및 파급효과</b> - 새로운 열차제어시스템 성능검증기술 확보로 외국과의 기술 경쟁력 확보를 통하여 국내외 시장 선점 - 열차운행편성수 증대, 일반철도의 자동운전 적용으로 열차 운영효율성 향상, 수송용량 향상 등으로 철도운영기관의 수익성 제고 및 국민서비스 향상
연구개발 성과물	<b>최종성과물</b> - 열차제어시스템 성능검증을 위한 시험계획서
	<b>연차별 연구내용별 성과지표</b> - 1차년도 : 연구내용별 성과물 • 시험계획서 : 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수 • 해당사항 없음 - 2~4차년도 : 연구내용별 성과물 • 시험선 지상인프라 운영 : 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발 건수, 시제품 개발 건수 • 해당사항 없음
	<b>성과물 검증방안</b> - 전문가에 의한 검증 • 유사기술 개발 및 연구 경험이 있는 전문가 자문위원회를 구성하고, 자문회의를 통하여 적정한 차량 선정 및 요구사항에 대한 적정성 검증 수행 - 시험 운영을 통한 검증 • 시험선에서 시범운행을 통한 검증 - 성과지표별 검증방안 • 해당사항 없음
기타	

차. 현장종합시험 및 공인시험

구분	내용
연구과제명	현장종합시험 및 공인시험
연구개발목표	현장 종합시험을 통한 공인인증서 획득
연구기간 및 지원예산	- 4년(1.40억)
연구개발 필요성 및 기술동향	<b>연구개발 필요성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차제어시스템은 지상제어설비, 차상제어설비, 유·무선통신설비 및 기타 장치 등으로 구성되어 자동운전을 지원하는 철도안전설비임</li> <li>- 또한 자동운전을 지원함에 따라, 열차의 다양한 운영조건에 따라 운영요원, 시스템, 열차 및 기타설비가 유기적으로 동작하는 것을 확인하는 것도 매우 중요함</li> <li>- 따라서 개발된 KTCS-3 열차제어시스템에 대한 공인시험을 통하여 공인시험성적서를 확보할 필요가 있음</li> </ul>
	<b>정부지원의 필요성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차제어시스템은 공공인프라인 철도의 안전하고 효율적인 운영을 보장하는 핵심설비이나, 현재까지 외산시스템을 도입운영하고 있음</li> <li>- 시험평가에 필요한 종합성능시험 및 공인시험은 기업체 자체에서 수행할 수 없는 사항이므로 개발된 첨단 시스템의 실용화라는 국가적 목표달성을 위해서는 정부의 지원이 필요함</li> </ul>
	<b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 기존 연구개발사업인 무궤도회로 기반의 KTCS-3 연구개발사업에서 개발한 장치의 공인인증을 통하여 실용화의 기반을 마련함</li> </ul>
연구개발내용	<b>연구개발 주요 내용</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장종합시험 및 공인시험 시행</li> </ul>
	<b>연차별 연구내용(연구일정)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2022년 ~ 2024년 : 종합시험 및 공인시험</li> </ul>
연구개발추진방법	<b>기술수요처 및 실용화 방안</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국철도시설공단, 한국철도공사 등</li> <li>- KTCS-3에 대한 공인시험성적서 확보</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

	<p><b>기대효과 및 파급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 새로운 열차제어시스템 조기 상용화에 따른 외국과의 기술 경쟁력 확보를 통하여 국내외 시장 선점</li> <li>- 공인시험성적서 확보로 첨단 열차제어시스템의 확대설치 및 해외시장 개척의 기반을 마련함</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>연구개발 성과물</b></p>	<p><b>최종성과물</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- KTCS-3 열차제어시스템의 공인시험성적서</li> </ul>
	<p><b>연차별 연구내용별 성과지표</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2~4차년도</li> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 공인시험성적서</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발 건수, 시제품 개발 건수               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>성과물 검증방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시험 운영을 통한 검증               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험선에서 시범운행을 통한 공인시험</li> </ul> </li> <li>- 성과지표별 검증방안               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>기타</b></p>	

카. 시험차량 개조 및 운영

구분	내용
연구과제명	시험차량 개조 및 운영
연구개발목표	KTCS-3 차상장치 구축을 위한 시험차량의 개조 및 운영
연구기간 및 지원예산	- 4년(6.99억)
연구개발 필요성 및 기술동향	<b>연구개발 필요성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전 단계 연구개발과제로 개발한 KTCS-3 열차제어시스템의 성능검증을 수행하여 상용화 기반을 마련할 필요가 있음</li> <li>- 차상/지상 통합시험을 수행하기 위하여 차량에 KTCS-3 차상장치를 설치하여 열차자동운전을 구현할 시험차량의 구매가 필요함</li> <li>- 고속운행 시험은 자동운전 시험은 불가능하지만 고속운행 시험이 가능한 해무 고속열차를 활용하며 해무 고속열차에 KTCS-3 차상장치 설치를 위한 개조작업이 필요하며 시험기간 동안 고속열차에 대한 운영지원이 필요함</li> </ul>
	<b>정부지원의 필요성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해무 고속열차는 국가 연구개발사업으로 제작한 시험열차이므로 정부의 재원으로 관리할 필요가 있음</li> <li>- 고속운행을 통하여 KTCS-3 열차제어시스템의 성능을 검증하여야 하므로 고속열차 해무에 대한 개조작업이 필요함</li> <li>- 고속열차 해무의 개조 작업은 정부의 지원으로 수행하는 것이 타당함</li> </ul>
	<b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 기존 연구개발사업인 무궤도회로 기반의 KTCS-3 연구개발사업에서 개발한 이동폐색을 지원하는 열차제어시스템의 고속운행 시험으로 고속철도 시스템 개량시 적용할 수 있음.</li> </ul>
연구개발내용	<b>연구개발 주요 내용</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해무고속열차의 개조</li> <li>- 시험운행을 위한 차량 운영</li> </ul>
	<b>연차별 연구내용(연구일정)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2021년 : 해무 고속열차 개조</li> <li>• 2022년 ~ 2024년 : 시험 및 성능검증</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

<p style="text-align: center;"><b>연구개발추진방법</b></p>	<p><b>기술수요처 및 실용화 방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국철도시설공단, 한국철도공사 등</li> <li>- KTCS-3 고속운행 기능 확보</li> </ul>
	<p><b>기대효과 및 파급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 새로운 열차제어시스템 조기 상용화에 따른 외국과의 기술 경쟁력 확보를 통하여 국내외 시장 선점</li> <li>- 열차운행편성수 증대, 일반철도의 자동운전 적용으로 열차 운영효율성 향상, 수송용량 향상 등으로 철도운영기관의 수익성 제고 및 국민서비스 향상</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>연구개발 성과물</b></p>	<p><b>최종성과물</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 차량 개조 및 운영</li> </ul>
	<p><b>연차별 연구내용별 성과지표</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차년도               <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해무 차량 개조</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 2~4차년도               <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• 고속운행 시험성적서</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발 건수, 시제품 개발 건수                   <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>성과물 검증방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시험 운영을 통한 검증               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험선에서 시범운행을 통한 검증</li> </ul> </li> <li>- 성과지표별 검증방안               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>기타</b></p>	

타. 현장시험 운영지원

구분	내용
연구과제명	현장시험 운영지원
연구개발목표	현장시험을 위한 시험선로 사용 행정지원
연구기간 및 지원예산	- 4년(6.99억)
연구개발 필요성 및 기술동향	<b>연구개발 필요성</b> - 현장시험을 위한 오송시험선의 사용에 따른 행정적 지원이 필요함 - 호남고속선의 시험선로를 사용하기 위한 선로사용료 지불 등의 행정지원이 필요함
	<b>정부지원의 필요성</b> - 열차제어시스템은 공공인프라인 철도의 안전하고 효율적인 운영을 보장하는 핵심설비이나, 현재까지 외산시스템을 도입운영하고 있음 - 시험평가에 필요한 종합성능시험 및 공인시험은 기업체 자체에서 수행할 수 없는 사항이므로 개발된 첨단 시스템의 실용화라는 국가적 목표달성을 위해서는 정부의 지원이 필요함
	<b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b> - 본 연구는 기존 연구개발사업인 무궤도회로 기반의 KTCS-3 연구개발사업에서 개발한 이동폐색을 지원하는 전자연동장치의 성능에 대한 검증을 수행하여 실용화의 기반을 마련함
연구개발내용	<b>연구개발 주요 내용</b> - 현장시험을 위한 오송시험선 사용을 위한 행정지원 - 호남고속선에서의 시험을 위한 행정지원
	<b>연차별 연구내용(연구일정)</b> • 2021년 : 시험선에 인프라 구축을 위한 행정지원 • 2022년 ~ 2024년 : 시험 및 성능검증을 위한 시험선로 사용 행정지원
연구개발추진방법	<b>기술수요처 및 실용화 방안</b> - 한국철도시설공단, 한국철도공사 등 - KTCS-3 열차제어시스템의 성능 확보
	<b>기대효과 및 파급효과</b> - 새로운 열차제어시스템 조기 상용화에 따른 외국과의 기술

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

	<p>경쟁력 확보를 통하여 국내외 시장 선점</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차운행편성수 증대, 일반철도의 자동운전 적용으로 열차 운영효율성 향상, 수송용량 향상 등으로 철도운영기관의 수익성 제고 및 국민서비스 향상</li> </ul>
<b>연구개발 성과물</b>	<p><b>최종성과물</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장시험 운영지원</li> </ul>
	<p><b>연차별 연구내용별 성과지표</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험선 인프라 구축에 필요한 운영지원</li> <li>• 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수</li> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 2~4차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 성능검증을 위하여 시험선 사용을 위한 운영지원</li> <li>• 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발 건수, 시제품 개발 건수</li> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>성과물 검증방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시험 운영을 통한 검증           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험선에서 시범운행을 통한 검증</li> </ul> </li> <li>- 성과지표별 검증방안           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
<b>기타</b>	

파. 차상 ATP/ATO 설치 및 검증

구분	내용
연구과제명	차상 ATP/ATO 설치 및 검증
연구개발목표	차상 ATP/ATO 장치의 성능검증
연구기간 및 지원예산	- 4년(9.08억)
연구개발 필요성 및 기술동향	<p><b>연구개발 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유럽에서는 ETCS에 추가하여 ATO on ETCS라는 주제로 ETCS를 기반으로 GoA4까지 지원하기 위한 기술을 지속적으로 연구하고 있음</li> <li>- ATO 기술에는 다양한 상황에 맞게 열차의 자동제어를 담당하는 기술과 정위치정차제어기술, 경제적인행기술이 포함되어 있음. 이 중 정위치정차제어기술과 경제적인행기술은 기술수준이 정량적으로 명시될 수 있는 기술이며 선진 세계적 철도 기업에서 이에 대한 기술 수준 확보를 위해 경주하고 있음</li> <li>- 전단계 연구개발과제에서 개발한 KTCS-3 차상 ATP/ATO 장치의 성능검증을 통하여 상용화의 기반을 마련할 필요가 있음.</li> </ul>
	<p><b>정부지원의 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차자동제어기술 및 속도제어기술은 선진기술확보라는 의의와 함께 유사 시 지속적인 열차운행을 수행할 수 있도록 하는 국민 편의 향상에도 목적이 있으므로 정부지원을 통하여 상용화 추진이 필요함</li> </ul>
	<p><b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 기존 연구개발사업인 무궤도회로 기반의 KTCS-3 연구개발사업에서 개발한 차상 ATP/ATO장치의 성능에 대한 검증을 수행하여 실용화의 기반을 마련함</li> </ul>
연구개발내용	<p><b>연구개발 주요 내용</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 차상 ATP/ATO장치의 설치 및 성능검증                             <ul style="list-style-type: none"> <li>: 동적 속도 프로파일 계산</li> <li>: 정위치 정차</li> <li>: 출입문 자동 여닫힘</li> <li>: 정차역 건너뛸/정차역 유지/즉시 출발</li> <li>: ATO 기능 중지 및 수동운전 전환</li> <li>: 점착력 저하 시(강우, 강설 등) 이를 고려한 제어</li> <li>: 자동 귀환</li> <li>: PSD(플랫폼스크린도어)와의 인터페이스 관리</li> </ul> </li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

	<p><b>연차별 연구내용(연구일정)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2021년 : KTCS-3용 차상 ATP/ATO 장치 설치</li> <li>• 2022년 ~ 2024년 : 시험 및 성능검증</li> </ul>
<p><b>연구개발추진방법</b></p>	<p><b>기술수요처 및 실용화 방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국철도시설공단, 한국철도공사 등</li> <li>- KTCS-3용 차상 ATP/ATO 장치의 제작 및 운영기술 확보</li> </ul>
	<p><b>기대효과 및 파급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 새로운 열차제어시스템 조기 상용화에 따른 외국과의 기술과의 경쟁력 확보를 통하여 국내외 시장 선점</li> <li>- 열차운행편성수 증대, 일반철도의 자동운전 적용으로 열차 운영효율성 향상, 수송용량 향상 등으로 철도운영기관의 수익성 제고 및 국민서비스 향상</li> </ul>
<p><b>연구개발 성과물</b></p>	<p><b>최종성과물</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 차상 ATP/ATO 장치 성능검증보고서</li> </ul>
	<p><b>연차별 연구내용별 성과지표</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 차상 ATP/ATO 장치 설치</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 2~4차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 차상 ATP/ATO 장치 성능검증보고서</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발 건수, 시제품 개발 건수               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>성과물 검증방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시험 운영을 통한 검증           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험선에서 시범운행을 통한 검증</li> </ul> </li> <li>- 성과지표별 검증방안           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>기타</b></p>	

하. 지상 ATP/ATO 설치 및 검증

구분	내용
연구과제명	지상 ATP/ATO 설치 및 검증
연구개발목표	지상 ATP/ATO 장치의 성능검증
연구기간 및 지원예산	- 4년(9.08억)
연구개발 필요성 및 기술동향	<p><b>연구개발 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이동폐색제어기술은 중앙에서 무선통신을 기반으로 선형열차와 후속열차의 위치를 실시간으로 추적하고, 이 위치 정보를 이용하여 선형열차와 후속열차의 열차간격을 실시간으로 제어하는 기술임</li> <li>- 일반철도와 도시철도에서도 효율성과 안전성 제고를 위하여 이동폐색제어기술을 적용할 필요가 있으며, 특히 도시철도와 일반철도가 일부 노선을 공통으로 사용하는 프로젝트가 진행되고 있어서 일반철도 노선에 진입한 도시철도에 안전한 간격과 진로를 보장할 수 있도록 상호운영성도 확보되어야 함</li> <li>- 전단계 연구개발과제에서 개발한 KTCS-3 지상 ATP/ATO 장치의 상용화를 위하여 성능을 검증할 필요가 있음</li> </ul>
	<p><b>정부지원의 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지상ATP/ATO장치는 열차제어시스템을 구성하는 하부장치이며, 제어영역에 있는 모든 열차의 위치를 추적하고 이동을 제어하는 핵심설비임</li> <li>- 따라서 핵심설비인 지상ATP/ATO장치가 수행하는 기능과 달성해야 하는 성능 등에 대한 완성도를 검증하는 것이 요구됨</li> <li>- 이를 검증하기 위해서는 시험선(또는 영업선)에서 시험열차를 운영하는 것이 요구되나, 이러한 인프라를 구축 운영하는데 많은 비용이 소요되어 기업이 독자적으로 추진하기에는 무리가 있음</li> <li>- 국내 철도신호산업의 경쟁력을 높이기 위해서는 새로운 시스템의 도입을 촉진해야 하며, 핵심장치인 지상ATP/ATO 장치의 성능검증이 요구됨</li> <li>- 기업과 정부가 지상ATP/ATO장치 성능검증에 소요되는 비용을 서로 분담하여 개발을 진행하는 전략이 요구됨</li> </ul>
	<p><b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 기존 연구개발사업인 무궤도회로 기반의 KTCS-3 연구개발사업에서 개발한 지상ATP/ATO장치의 성능에 대한 검증을 수행하여 실용화의 기반을 마련함</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

연구개발내용	<b>연구개발 주요 내용</b> - 지상 ATP/ATO 장치의 시험선 설치 및 성능검능 : 열차제한속도 설정 및 열차이동권한 결정 : 제어영역에서 운행 중인 열차위치 결정 : 관제설비 및 전자연동장치로 열차위치정보 전송 : 레일절손, 선로지장물검지 등 안전설비 감시 등
	<b>연차별 연구내용(연구일정)</b> • 2021년 : KTCS-3 용 ATP/ATO 장치의 시험선 설치 • 2022년 ~ 2024년 : 시험 및 성능검증
연구개발추진방법	<b>기술수요처 및 실용화 방안</b> - 한국철도시설공단, 한국철도공사 등 - KTCS-3용 지상 ATP/ATO 장치의 제작 및 운영기술 확보
	<b>기대효과 및 파급효과</b> - 국내 최초로 고속철도용 열차자동제어기술을 확보하는 것이며 이를 통한 열차제어시스템의 기능 범위 확대 및 성능 향상으로 수출경쟁력 제고 - ATP 핵심기술인 이동폐색제어기술, 열차속도제어기술은 세계적으로 지속적으로 요구되는 기술임. 열차자동제어기술 확보를 통해 유사 시 지속적인 열차운행을 수행할 수 있도록 하여 국민 편의 향상에도 기여함
연구개발 성과물	<b>최종성과물</b> - 지상 ATP/ATO 장치 성능검증보고서
	<b>연차별 연구내용별 성과지표</b> - 1차년도 : 연구내용별 성과물 • 지상 ATP/ATO 장치 설치 : 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수 • 해당사항 없음 - 2~4차년도 : 연구내용별 성과물 • 지상 ATP/ATO 장치 성능검증보고서 : 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발 건수, 시제품 개발 건수 • 해당사항 없음
	<b>성과물 검증방안</b> - 시험 운영을 통한 검증 • 시험선에서 시범운행을 통한 검증 - 성과지표별 검증방안 • 해당사항 없음
기타	

거. ATP/ATO 인터페이스 장비 제작/설치 및 검증

구분	내용
연구과제명	ATP/ATO 인터페이스 장비 제작/설치 및 검증
연구개발목표	이동폐색을 지원하는 전자연동장치의 성능검증
연구기간 및 지원예산	- 4년(8.39억)
연구개발 필요성 및 기술동향	<p><b>연구개발 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현재 사용중인 일반·고속철도의 전자연동장치는 궤도회로를 이용하여 검지한 열차위치정보를 사용하고 있음</li> <li>- 열차제어에 무선통신을 이용한 이동폐색제어기술을 적용하고, 열차의 자동운전을 지원하면, 일반·고속철도의 수송용량(운행회수)이 증가하면서 도시철도와 유사하게 열차운전 시격을 단축해서 운행하여야 하며, 기존보다 많은 연동임무를 처리하여야 함</li> <li>- 이동폐색을 지원하도록 개량한 전자연동장치를 설치하고 성능을 검증하는 연구를 수행할 필요가 있음</li> </ul>
	<p><b>정부지원의 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차제어시스템의 하부장치인 전자연동장치는 국내기업이 충분한 경쟁력을 갖고 있으며, 사용자의 요구사항을 만족하는 전자연동장치를 공급하고 있음</li> <li>- 열차제어시스템의 성능검증을 위해서 열차진로제어장치와의 연계가 요구되므로 이동폐색을 지원하는 전자연동장치를 설치하고 성능을 검증하는 것이 적절함</li> </ul>
	<p><b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 기존 연구개발사업인 무궤도회로 기반의 KTCS-3 연구개발사업에서 개발한 이동폐색을 지원하는 전자연동장치의 성능에 대한 검증을 수행하여 실용화의 기반을 마련함</li> </ul>
연구개발내용	<p><b>연구개발 주요 내용</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차운행 실시간 제어장치의 시험선 설치</li> <li>- 열차운행 실시간 제어기능의 성능검증</li> </ul>
	<p><b>연차별 연구내용(연구일정)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2021년 : KTCS-3용 전자연동장치 시험선 설치</li> <li>• 2022년 ~ 2024년 : 시험 및 성능검증</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

구분	내용
연구개발추진방법	<b>기술수요처 및 실용화 방안</b> - 한국철도시설공단, 한국철도공사 등 - KTCS-3용구축 시 기존 전자연동장치 개량기술 확보
	<b>기대효과 및 파급효과</b> - 새로운 열차제어시스템 조기 상용화에 따른 외국과의 기술 경쟁력 확보를 통하여 국내외 시장 선점 - 열차운행편성수 증대, 일반철도의 자동운전 적용으로 열차 운영효율성 향상, 수송용량 향상 등으로 철도운영기관의 수익성 제고 및 국민서비스 향상
연구개발 성과물	<b>최종성과물</b> - 열차진로제어장치 성능검증보고서
	<b>연차별 연구내용별 성과지표</b> - 1차년도 : 연구내용별 성과물 • 열차진로제어장치 설치 : 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수 • 해당사항 없음 - 2~4차년도 : 연구내용별 성과물 • 열차진로제어장치 성능검증보고서 : 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발 건수, 시제품 개발 건수 • 해당사항 없음
	<b>성과물 검증방안</b> - 시험 운영을 통한 검증 • 시험선에서 시범운행을 통한 검증 - 성과지표별 검증방안 • 해당사항 없음
기타	

너. 열차분리검지장치 설치 및 검증

구분	내용
연구과제명	열차분리검지장치 설치 및 검증
연구개발목표	열차무결성검지장치의 성능검증
연구기간 및 지원예산	- 4년(6.99억)
연구개발 필요성 및 기술동향	<p><b>연구개발 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차무결성기술(Train Integrity, TI 기술)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 무선통신을 이용하여 열차이동을 제어하는 기술은 열차의 선두위치와 열차길이정보를 이용하여 열차이동권한을 결정하고 있음</li> <li>• 궤도회로를 사용할 경우, 열차가 분리되는 사고가 발생하여도 지상에서 분리된 열차를 검지할 수 있기 때문에 다른 열차의 접근을 차단할 수 있음</li> <li>• 궤도회로를 사용하지 않는 경우, 지상에서 분리된 열차를 검지할 수 없기 때문에 다른 열차의 이동을 통제하기 위한 방호구역 설정을 정확히 설정할 수 없음</li> <li>• 따라서 열차분리사고를 검지하고 분리된 열차의 위치를 계산할 수 있는 열차무결성장치를 개발하는 것이 요구됨</li> <li>• 열차무결성장치는 열차에 설치되어 차상신호장치와 연계하여 열차충돌사고 또는 탈선사고를 방지함</li> <li>• 개발된 열차무결성 시작품을 시험선에 설치하여 성능을 검증할 필요가 있음</li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>정부지원의 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 차세대 열차제어시스템을 상용화하기 위해서는 궤도회로의 임무를 대체하는 장치가 궤도회로와 동등 또는 그 이상의 안전성을 확보하고 있는 것이 확인되어야 함</li> <li>- 열차무결성검지장치는 단일장치로서 제작사가 독자적으로 개발과 상용화를 추진할 수 있는 규모이나, 독자적으로 운용되지않고 차세대 열차제어시스템과 연계되어야 함</li> <li>- 차세대 열차제어시스템을 개발할 때 같이 개발하면 기능조건, 성능조건 및 인터페이스조건을 적절하게 설정할 수 있고, 검증을 통한 후 표준규격을 제정하여 차세대 열차제어시스템 상용화 여건을 마련할 수 있음</li> <li>- 시작품을 시험선에 설치하여 성능을 검증하여 기술을 선도할 수 있도록 정부지원이 필요함</li> </ul>
	<p><b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 해당없음</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

<p style="text-align: center;"><b>연구개발내용</b></p>	<p><b>연구개발 주요 내용</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차분리사고를 검지하는 열차무결성검지기술 검증             <ul style="list-style-type: none"> <li>· 열차무결성검지기술 요구사항 분석</li> <li>· 열차무결성검지장치 구축</li> <li>· 열차무결성검지장치 기능 및 성능검증(실차검증)</li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>연차별 연구내용(연구일정)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 2021년 : 열차분리검지장치 시험선 설치</li> <li>· 2022년 ~ 2024년 : 시험 및 성능검증</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>연구개발추진방법</b></p>	<p><b>기술수요처 및 실용화 방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국철도시설공단, 한국철도공사 등</li> <li>- 열차무결성검지 기술 확보</li> </ul>
	<p><b>기대효과 및 파급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차무결성기술, 레일절손검지기술의 상용화를 통해서 궤도 회로를 사용하지 않는 열차제어시스템의 도입을 촉진</li> <li>- 열차제어시스템 구축비용, 시스템 유지관리비용 등을 저감하고, 열차수송용량을 높여 철도운영개선에 기여</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>연구개발 성과물</b></p>	<p><b>최종성과물</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차무결성검지장치 종합성능시험 성적서(실차검증)</li> </ul>
	<p><b>연차별 연구내용별 성과지표</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차년도             <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물                 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 열차무결성검지장치 설치</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수                 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 2~4차년도             <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물                 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 열차무결성검지장치 성능검증보고서</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발 건수, 시제품 개발 건수                 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>성과물 검증방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시험 운영을 통한 검증             <ul style="list-style-type: none"> <li>· 시험선에서 시범운행을 통한 검증</li> </ul> </li> <li>- 성과지표별 검증방안             <ul style="list-style-type: none"> <li>· 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>기타</b></p>	

더. 지상인프라 CTC 설계 및 설치

구분	내용
연구과제명	지상인프라 CTC 설계 및 설치
연구개발목표	오송 시험선의 관제설비 설계 및 설치
연구기간 및 지원예산	- 4년(3.49억)
연구개발 필요성 및 기술동향	<b>연구개발 필요성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- KTCS-3 이동폐색방식의 차세대 열차제어시스템을 운용하기 위한 관제설비를 구축함으로써 신기술의 실용화를 완성할 수 있음.</li> <li>- 전 단계 연구용역으로 개발된 KTCS-3의 현장시험을 위하여 KTCS-3와 인터페이스가 가능하도록 현재의 오송시험선의 CTC 설비를 구축하기 위한 설계와 설치를 통하여 완벽한 시험과 성능이 검증될 수 있도록 하여야 함</li> </ul>
	<b>정부지원의 필요성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차운행 스케줄에 의하여 진로를 자동으로 제어하고 감시할 수 있는 CTC 기능은 ATP/ATO 기능과 더불어 중요한 기능의 하나임</li> <li>- KTCS-3 열차제어시스템의 성능검증을 위한 시험선의 감시 제어 기능을 할 수 있도록 CTC 설비를 구축하여 본 과제를 성공적으로 수행할 수 있도록 정부의 지원이 필요함</li> </ul>
	<b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 기존 연구개발사업인 무궤도회로 기반의 KTCS-3 연구개발사업에서 개발한 이동폐색을 지원하는 관제설비를 오송시험선에 구축하는 과제임</li> </ul>
연구개발내용	<b>연구개발 주요 내용</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CTC 관제설비 및 S/W의 설계</li> <li>- CTC 관제설비의 구축 및 시험운영 시 제어</li> </ul>
	<b>연차별 연구내용(연구일정)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2021년 : KTCS-3용 CTC 장치 설계</li> <li>• 2022년 ~ 2024년 : KTCS-3용 CTC 장치 구축 및 성능 검증</li> </ul>
연구개발추진방법	<b>기술수요처 및 실용화 방안</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국철도시설공단, 한국철도공사 등</li> <li>- KTCS-3의 CTC 관련기술 확보</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

	<p><b>기대효과 및 파급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 새로운 열차제어시스템 관제기술을 개발함으로써 외국과의 기술경쟁력 확보를 통하여 국내외 시장 선점</li> <li>- 열차운행편성수 증대, 일반철도의 자동운전 적용으로 열차 운영효율성 향상, 수송용량 향상 등으로 철도운영기관의 수익성 제고 및 국민서비스 향상</li> </ul>
<p><b>연구개발 성과물</b></p>	<p><b>최종성과물</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 오송 시험선 CTC 구축</li> </ul>
	<p><b>연차별 연구내용별 성과지표</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• KTCS-3용 CTC 장치 설계</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 3~4차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• KTCS-3용 CTC 장치 국축 및 성능검증</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발 건수, 시제품 개발 건수               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>성과물 검증방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시험 운영을 통한 검증           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험선에서 시범운행을 통한 검증</li> </ul> </li> <li>- 성과지표별 검증방안           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>기타</b></p>	

러. KTCS-2 열차자동운전 개발명세서 작성

구 분	내 용
연구과제명	KTCS-2 열차자동운전 개발명세서 작성
연구개발목표	장치의 규격 및 기술기준 등 관련 기술의 제도화 체계 확립
연구기간 및 지원예산	- 4년 (2.78억원)
연구개발 필요성 및 기술동향	<p><b>연구개발 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 무선통신을 이용한 고속철도용 열차제어시스템은 자동운전을 지원하는 차세대시스템으로서 유럽, 중국 등에서 진행하고 있음</li> <li>- 선행연구과제에서 개발된 KTCS-2 열차제어시스템의 열차자동운전을 구현하기 위한 개발명세서의 작성이 필요함</li> <li>- 특히 철도노선 간 연계체계를 용이하게 구축하기 위해서는 ETCS처럼 공동의 시스템규격서를 확립하는 것이 필요함</li> </ul>
	<p><b>정부지원의 필요성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차제어시스템은 공공인프라인 철도의 안전하고 효율적인 운영을 보장하는 핵심설비이나, 현재까지 외산시스템을 도입 운용하고 있음</li> <li>- 철도의 스마트화, 지능화에 따라 열차제어시스템의 중요성이 커지고 있으며, 높은 수준의 시스템 운영능력을 필요로 하는 열차제어시스템이 도입되어 운용되고 있음</li> <li>- 상당수의 노선은 노후화되어 개량이 필요하나 신호시스템 제작업체는 새로운 시스템에 대한 이해부족, 많은 개발비용 등으로 차세대 열차제어시스템 개발에 소극적임</li> <li>- 새로운 차세대시스템의 실용화를 촉진하기 위해서는 장치의 개발명세서의 요구사항을 검증하여 정립하는 것은 기업체가 아닌 정부의 차원에서 객관적인 시스템 규격을 정립하여야 하므로 정부의 지원이 요구됨</li> </ul>
	<p><b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존연구개발사업인 일반·고속철도용 열차제어시스템 연구개발사업에서 개발을 완료하여 전라선 시범노선에 구축 중인 KTCS-2 열차제어시스템의 열차자동운전(ATO)을 구현하기 위하여 개발명세서를 작성함</li> </ul>
연구개발내용	<p><b>연구개발 주요 내용</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• KTCS-2 자동운전 개발명세서 요구사항 작성</li> <li>• KTCS-2 자동운전 개발명세서 작성</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

	<p><b>연차별 연구내용(연구일정)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2021년 : KTCS-2 자동운전 개발명세서 요구사항 작성</li> <li>• 2022년 ~ 2024년 : KTCS-2 자동운전 개발명세서 작성</li> </ul>
<p><b>연구개발추진방법</b></p>	<p><b>기술수요처 및 실용화 방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국철도시설공단, 한국철도공사 등</li> <li>- 장치규격서 제정 및 적용</li> </ul>
	<p><b>기대효과 및 파급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 새로운 열차제어시스템의 상용화 여건 마련</li> <li>- 신 시스템에 대한 열차제어시스템의 호환성 확보</li> </ul>
<p><b>연구개발 성과물</b></p>	<p><b>최종성과물</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- KTCS-2 자동운전 개발명세서</li> </ul>
	<p><b>연차별 연구내용별 성과지표</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• KTCS-2 자동운전 요구사항 작성</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 2~4차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• KTCS-2 자동운전 개발명세서</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>성과물 검증방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전문가에 의한 검증           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 유사기술 개발 및 연구 경험이 있는 전문가 자문위원회를 구성하고, 주기적 회의를 통하여 KTCS-2 자동운전 요구사항 및 개발규격서의 타당성에 대한 검증 수행</li> </ul> </li> <li>- 시험운행을 통한 검증           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험선에서 시범운행을 통한 검증</li> </ul> </li> <li>- 성과지표별 검증방안           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>기타</b></p>	

## 며. KTCS-2 ATO 현장공인시험

구분	내용
연구과제명	KTCS-2 ATO 현장공인시험
연구개발목표	KTCS-2 자동운전 현장 종합시험을 통한 공인인증서 획득
연구기간 및 지원예산	- 4년(1.04억)
연구개발 필요성 및 기술동향	<b>연구개발 필요성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차제어시스템은 지상제어설비, 차상제어설비, 유·무선통신설비 및 기타 장치 등으로 구성되어 자동운전을 지원하는 철도안전설비임</li> <li>- 또한 자동운전을 지원함에 따라, 열차의 다양한 운영조건에 따라 운영요원, 시스템, 열차 및 기타설비가 유기적으로 동작하는 것을 확인하는 것도 매우 중요함</li> <li>- 따라서 개발된 KTCS-2 자동운전 성능에 대한 공인시험을 통하여 공인시험성적서를 확보할 필요가 있음</li> </ul>
	<b>정부지원의 필요성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차제어시스템은 공공인프라인 철도의 안전하고 효율적인 운영을 보장하는 핵심설비이나, 현재까지 외산시스템을 도입운용하고 있음</li> <li>- 시험평가에 필요한 종합성능시험 및 공인시험은 기업체 자체에서 수행할 수 없는 사항이므로 개발된 첨단 시스템의 실용화라는 국가적 목표달성을 위해서는 정부의 지원이 필요함</li> </ul>
	<b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 기존 연구개발사업인 으로 개발된 KTCS-2 열차제어시스템에 자동운전 공인인증을 통하여 실용화의 기반을 마련함</li> </ul>
연구개발내용	<b>연구개발 주요 내용</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장종합시험 및 공인시험 시행</li> </ul>
	<b>연차별 연구내용(연구일정)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2022년 ~ 2024년 : 종합시험 및 공인시험</li> </ul>
연구개발추진방법	<b>기술수요처 및 실용화 방안</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국철도시설공단, 한국철도공사 등</li> <li>- KTCS-2 자동운전에 대한 공인시험성적서 확보</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

	<p><b>기대효과 및 파급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 새로운 열차제어시스템 조기 상용화에 따른 외국과의 기술 경쟁력 확보를 통하여 국내외 시장 선점</li> <li>- 공인시험성적서 확보로 첨단 열차제어시스템의 확대설치 및 해외시장 개척의 기반을 마련함</li> </ul>
<p><b>연구개발 성과물</b></p>	<p><b>최종성과물</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- KTCS-2 열차제어시스템의 자동운전기능 공인시험성적서</li> </ul>
	<p><b>연차별 연구내용별 성과지표</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2~4차년도</li> <li>: 연구내용별 성과물             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 공인시험성적서</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발 건수, 시제품 개발 건수             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>성과물 검증방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시험 운영을 통한 검증             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험선에서 시범운행을 통한 공인시험</li> </ul> </li> <li>- 성과지표별 검증방안             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>기타</b></p>	

버. 지상장치 Baseline 업그레이드

구분	내용
연구과제명	지상장치 Baseline 업그레이드
연구개발목표	ETCS 기술규격 Baseline 업그레이드
연구기간 및 지원예산	- 4년(11.19억)
연구개발 필요성 및 기술동향	<b>연구개발 필요성</b> - R&D 사업으로 추진된 KTCS-2 및 KTCS-3 열차제어시스템은 유럽규격인 ETCS Baseline2(SRS 2.3.0d, Subset-026)기반으로 개발되었음 - 현재 유럽 및 세계 각국에서는 시스템 구축 시 ETCS Baseline3(SRS 3.4.0)의 기술규격을 적용하고 있음 - 따라서 세계 시장 진출과 기술력 확보를 위하여 Baseline2 (SRS 2.3.0d, Subset- 026)기반의 열차제어시스템을 ETCS Baseline3(SRS 3.4.0)로 업그레이드를 수행하여야 함
	<b>정부지원의 필요성</b> - 현재 유럽 및 세계 각국에서는 시스템 구축 시 ETCS Baseline3(SRS 3.4.0)의 기술규격을 적용하고 있음 - 후속 연구사업으로 Subset 업그레이드(Baseline 2 → 3) 미시행 시 국제적으로 요구하고 있는 Baseline3 기술규격을 충족하지 못함으로써 세계시장에서 경쟁력이 상실됨
	<b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b> - 해당사항 없음
연구개발내용	<b>연구개발 주요 내용</b> - KTCS-2 및 KTCS-3에 적용한 Baseline2 기술규격을 Baseline3으로 업그레이드함으로써 세계 시장의 요구에 부응하고 KTCS-2 열차제어시스템의 열차자동운전(ATO) 기능을 구현하기 위하여 개발명세서를 작성하고 ATO장치의 구현 및 검증을 수행함
	<b>연차별 연구내용(연구일정)</b> • 2021년 ~ 2022년 : ETCS Baseline3 지상장치 규격 분석 및 작성 • 2022년 ~ 2024년 : ETCS Baseline3 지상장치 규격 적용 시작품 제작
연구개발추진방법	<b>기술수요처 및 실용화 방안</b> - 한국철도시설공단, 한국철도공사 등 - KTCS 열차제어시스템의 지상장치 기술규격 업그레이드

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

	<p><b>기대효과 및 파급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내에서 개발한 열차제어시스템의 기술규격 업그레이드로 유럽규격에 만족할 수 있고 외국과의 기술경쟁력 확보를 통하여 국내외 시장 선점</li> <li>- 열차운행편성수 증대, 일반철도의 자동운전 적용으로 열차 운영효율성 향상, 수송용량 향상 등으로 철도운영기관의 수익성 제고 및 국민서비스 향상</li> </ul>
<p><b>연구개발 성과물</b></p>	<p><b>최종성과물</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시작품</li> </ul>
	<p><b>연차별 연구내용별 성과지표</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• ETCS Baseline3 지상장치 규격 분석 및 작성</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 2~4차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• ETCS Baseline3 지상장치 규격 적용 시작품 제작</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발 건수, 시제품 개발 건수               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>성과물 검증방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전문가에 의한 검증           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 유사기술 개발 및 연구 경험이 있는 전문가 자문위원회를 구성하고, 주기적 회의를 통하여 ETCS Baseline3 지상장치 규격 요구사항 및 개발규격서의 타당성에 대한 검증 수행</li> </ul> </li> <li>- 성과지표별 검증방안           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>기타</b></p>	

서. 차상장치 Baseline 업그레이드

구분	내용
연구과제명	차상장치 Baseline 업그레이드
연구개발목표	ETCS 기술규격 Baseline 업그레이드
연구기간 및 지원예산	- 4년 (18.62억)
연구개발 필요성 및 기술동향	<b>연구개발 필요성</b> - R&D 사업으로 추진된 KTCS-2 및 KTCS-3 열차제어시스템은 유럽규격인 ETCS Baseline2(SRS 2.3.0d, Subset-026)기반으로 개발되었음 - 현재 유럽 및 세계 각국에서는 시스템 구축 시 ETCS Baseline3(SRS 3.4.0)의 기술규격을 적용하고 있음 - 따라서 세계 시장 진출과 기술력 확보를 위하여 Baseline2 (SRS 2.3.0d, Subset- 026)기반의 열차제어시스템을 ETCS Baseline3(SRS 3.4.0)로 업그레이드를 수행하여야 함
	<b>정부지원의 필요성</b> - 현재 유럽 및 세계 각국에서는 시스템 구축 시 ETCS Baseline3(SRS 3.4.0)의 기술규격을 적용하고 있음 - 후속 연구사업으로 Subset 업그레이드(Baseline 2 → 3) 미시행 시 국제적으로 요구하고 있는 Baseline3 기술규격을 충족하지 못함으로써 세계시장에서 경쟁력이 상실됨
	<b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b> - 해당사항 없음
연구개발내용	<b>연구개발 주요 내용</b> - KTCS-2 및 KTCS-3에 적용한 Baseline2 기술규격을 Baseline3으로 업그레이드함으로써 세계 시장의 요구에 부응하고 KTCS-2 열차제어시스템의 열차자동운전(ATO) 기능을 구현하기 위하여 개발명세서를 작성하고 ATO장치의 구현 및 검증을 수행함
	<b>연차별 연구내용(연구일정)</b> • 2021년 ~ 2022년 : ETCS Baseline3 차상장치 규격 분석 및 작성 • 2022년 ~ 2024년 : ETCS Baseline3 차상장치 규격 적용 시작품 제작
연구개발추진방법	<b>기술수요처 및 실용화 방안</b> - 한국철도시설공단, 한국철도공사 등 - KTCS 열차제어시스템의 차상장치 기술규격 업그레이드

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

	<p><b>기대효과 및 파급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내에서 개발한 열차제어시스템의 기술규격 업그레이드로 유럽규격에 만족할 수 있고 외국과의 기술경쟁력 확보를 통하여 국내외 시장 선점</li> <li>- 열차운행편성수 증대, 일반철도의 자동운전 적용으로 열차 운영효율성 향상, 수송용량 향상 등으로 철도운영기관의 수익성 제고 및 국민서비스 향상</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>연구개발 성과물</b></p>	<p><b>최종성과물</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시작품</li> </ul>
	<p><b>연차별 연구내용별 성과지표</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• ETCS Baseline3 차상장치 규격 분석 및 작성</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 2~4차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• ETCS Baseline3 차상장치 규격 적용 시작품 제작</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발 건수, 시제품 개발 건수               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>성과물 검증방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전문가에 의한 검증           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 유사기술 개발 및 연구 경험이 있는 전문가 자문위원회를 구성하고, 주기적 회의를 통하여 ETCS Baseline3 차상장치 규격 요구사항 및 개발규격서의 타당성에 대한 검증 수행</li> </ul> </li> <li>- 성과지표별 검증방안           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>기타</b></p>	

어. ATP/ATO 인터페이스장치 Baseline 업그레이드

구분	내용
연구과제명	ATP/ATO 인터페이스장치 Baseline 업그레이드
연구개발목표	ETCS 기술규격 Baseline 업그레이드
연구기간 및 지원예산	- 4년(6.28억)
연구개발 필요성 및 기술동향	<b>연구개발 필요성</b> - R&D 사업으로 추진된 KTCS-2 및 KTCS-3 열차제어시스템은 유럽규격인 ETCS Baseline2(SRS 2.3.0d, Subset-026)기반으로 개발되었음 - 현재 유럽 및 세계 각국에서는 시스템 구축 시 ETCS Baseline3(SRS 3.4.0)의 기술규격을 적용하고 있음 - 따라서 세계 시장 진출과 기술력 확보를 위하여 Baseline2(SRS 2.3.0d, Subset-026)기반의 열차제어시스템을 ETCS Baseline3(SRS 3.4.0)로 업그레이드를 수행하여야 함
	<b>정부지원의 필요성</b> - 현재 유럽 및 세계 각국에서는 시스템 구축 시 ETCS Baseline3(SRS 3.4.0)의 기술규격을 적용하고 있음 - 후속 연구사업으로 Subset 업그레이드(Baseline 2 → 3) 미시행 시 국제적으로 요구하고 있는 Baseline3 기술규격을 충족하지 못함으로써 세계시장에서 경쟁력이 상실됨
	<b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b> - 해당사항 없음
연구개발내용	<b>연구개발 주요 내용</b> - KTCS-2 및 KTCS-3에 적용한 Baseline2 기술규격을 Baseline3으로 업그레이드함으로써 세계 시장의 요구에 부응하고 KTCS-2 열차제어시스템의 열차자동운전(ATO) 기능을 구현하기 위하여 개발명세서를 작성하고 ATO장치의 구현 및 검증을 수행함
	<b>연차별 연구내용(연구일정)</b> • 2021년 ~ 2022년 : ATP/ATO 인터페이스장치 ETCS Baseline3 규격 분석 및 작성 • 2022년 ~ 2024년 : ATP/ATO 인터페이스장치 ETCS Baseline3 규격 적용 시작품 제작
연구개발추진방법	<b>기술수요처 및 실용화 방안</b> - 한국철도시설공단, 한국철도공사 등 - KTCS 열차제어시스템의 ATP/ATO 인터페이스장치 기술 규격 업그레이드

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

	<p><b>기대효과 및 파급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국내에서 개발한 열차제어시스템의 기술규격 업그레이드로 유럽규격에 만족할 수 있고 외국과의 기술경쟁력 확보를 통하여 국내외 시장 선점</li> <li>- 열차운행편성수 증대, 일반철도의 자동운전 적용으로 열차 운영효율성 향상, 수송용량 향상 등으로 철도운영기관의 수익성 제고 및 국민서비스 향상</li> </ul>
<p><b>연구개발 성과물</b></p>	<p><b>최종성과물</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시작품</li> </ul>
	<p><b>연차별 연구내용별 성과지표</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• ATP/ATO 인터페이스장치 ETCS Baseline3 규격 분석 및 작성</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 2~4차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• ATP/ATO 인터페이스장치 ETCS Baseline3 규격 적용 시작품 제작</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발 건수, 시제품 개발 건수               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>성과물 검증방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전문가에 의한 검증           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 유사기술 개발 및 연구 경험이 있는 전문가 자문위원회를 구성하고, 주기적 회의를 통하여 ATP/ATO 인터페이스장치 ETCS Baseline3 지상장치 규격 및 개발규격서의 타당성에 대한 검증 수행</li> </ul> </li> <li>- 성과지표별 검증방안           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>기타</b></p>	

저. KTCS-2 차상장치의 ATO 구현

구분	내용
연구과제명	KTCS-2 차상장치의 ATO 구현
연구개발목표	개발된 수동운전 KTCS-2 차상장치의 자동운전 구현
연구기간 및 지원예산	- 4년(1.75억)
연구개발 필요성 및 기술동향	<b>연구개발 필요성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유럽에서는 ETCS에 추가하여 ATO on ETCS라는 주제로 ETCS를 기반으로 GoA4까지 지원하기 위한 기술을 지속적으로 연구하고 있음</li> <li>- ATO 기술에는 다양한 상황에 맞게 열차의 자동제어를 담당하는 기술과 정위치정차제어기술, 경제적인행기술이 포함되어 있음. 이 중 정위치정차제어기술과 경제적인행기술은 기술수준이 정량적으로 명시될 수 있는 기술이며 선진 세계적 철도 기업에서 이에 대한 기술 수준 확보를 위해 경주하고 있음</li> <li>- 전단계 연구개발과제에서 개발한 KTCS-2 차상장치의 자동운전 구현 통하여 선진기술을 선도할 필요가 있음</li> </ul>
	<b>정부지원의 필요성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차자동제어기술 및 속도제어기술은 선진기술확보라는 의의와 함께 유사 시 지속적인 열차운행을 수행할 수 있도록 하는 국민 편의 향상에도 목적이 있으므로 정부지원을 통하여 상용화 추진이 필요함</li> </ul>
	<b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 KTCS-2 연구개발사업에서 개발한 차상장치에 자동운전(ATO)을 구현하고 실용화의 기반을 마련함</li> </ul>
연구개발내용	<b>연구개발 주요 내용</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 차상장치의 열차속도제어기술 및 열차자동운전기술 분석                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차속도제어기술 및 열차자동운전기술 구현</li> <li>• 동적속도 프로파일 생성 소프트웨어 모듈 개발</li> <li>• 정위치정차 소프트웨어 모듈 개발</li> <li>• 열차속도 및 주행거리 감시 소프트웨어 모듈 개발</li> </ul> </li> </ul>
	<b>연차별 연구내용(연구일정)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2021년 : 열차속도제어기술 및 열차자동운전기술 구현</li> <li>• 2022년 ~ 2024년 : KTCS-2 ATO 장치 시작품 제작</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

<b>연구개발추진방법</b>	<b>기술수요처 및 실용화 방안</b> - 한국철도시설공단, 한국철도공사 등 - KTCS-2의 자동운전(ATO) 실현
	<b>기대효과 및 파급효과</b> - L-2 열차제어시스템의 자동운전 구현 조기 상용화하여 외국과의 기술과의 경쟁력 확보를 통하여 국내외 시장 선점 - 열차운행편성수 증대, 일반철도의 자동운전 적용으로 열차 운영효율성 향상, 수송용량 향상 등으로 철도운영기관의 수익성 제고 및 국민서비스 향상
<b>연구개발 성과물</b>	<b>최종성과물</b> - KTCS-2 차상 ATO 장치 시작품
	<b>연차별 연구내용별 성과지표</b> - 1차년도 : 연구내용별 성과물 • 열차속도제어기술 및 열차자동운전기술 규격 : 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수 • 해당사항 없음 - 2~4차년도 : 연구내용별 성과물 • KTCS-2 ATO 차상장치 시작품 : 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발 건수, 시제품 개발 건수 • 해당사항 없음
	<b>성과물 검증방안</b> - 전문가에 의한 검증 • 유사기술 개발 및 연구 경험이 있는 전문가 자문위원회를 구성하고, 주기적 회의를 통하여 KTCS-2 열차제어시스템의 자동운전 구현기술의 타당성에 대한 검증 수행 - 성과지표별 검증방안 • 해당사항 없음
<b>기타</b>	

처. KTCS-2 지상장치의 ATO 구현

구분	내용
연구과제명	KTCS-2 지상장치의 ATO 구현
연구개발목표	개발된 수동운전 KTCS-2 지상장치의 자동운전 구현
연구기간 및 지원예산	- 4년(9.79억)
연구개발 필요성 및 기술동향	<b>연구개발 필요성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유럽에서는 ETCS에 추가하여 ATO on ETCS라는 주제로 ETCS를 기반으로 GoA4까지 지원하기 위한 기술을 지속적으로 연구하고 있음</li> <li>- ATO 기술에는 다양한 상황에 맞게 열차의 자동제어를 담당하는 기술과 정위치정차제어기술, 경제적인행기술이 포함되어 있음. 이 중 정위치정차제어기술과 경제적인행기술은 기술수준이 정량적으로 명시될 수 있는 기술이며 선진 세계적 철도 기업에서 이에 대한 기술 수준 확보를 위해 경주하고 있음</li> <li>- 전단계 연구개발과제에서 개발한 KTCS-2 지상장치의 자동운전 구현 통하여 선진기술을 선도할 필요가 있음</li> </ul>
	<b>정부지원의 필요성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차자동제어기술 및 속도제어기술은 선진기술확보라는 의의와 함께 유사 시 지속적인 열차운행을 수행할 수 있도록 하는 국민 편의 향상에도 목적이 있으므로 정부지원을 통하여 상용화 추진이 필요함</li> </ul>
	<b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 KTCS-2 연구개발사업에서 개발한 지상장치에 자동운전(ATO)을 구현하고 실용화의 기반을 마련함</li> </ul>
연구개발내용	<b>연구개발 주요 내용</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지상장치의 열차속도제어기술 및 열차자동운전기술 분석                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차속도제어기술 및 열차자동운전기술 구현</li> <li>• KTCS-2의 지상장치 자동운전 모듈 및 S/W 개발</li> </ul> </li> </ul>
	<b>연차별 연구내용(연구일정)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2021년 : 열차속도제어기술 및 열차자동운전기술 구현</li> <li>• 2022년 ~ 2024년 : KTCS-2 ATO 지상장치 시작품 제작</li> </ul>
연구개발추진방법	<b>기술수요처 및 실용화 방안</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국철도시설공단, 한국철도공사 등</li> <li>- KTCS-2의 자동운전(ATO) 실현</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

	<p><b>기대효과 및 파급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L-2 열차제어시스템의 자동운전 구현 조기 상용화하여 외국과의 기술과의 경쟁력 확보를 통하여 국내외 시장 선점</li> <li>- 열차운행편성수 증대, 일반철도의 자동운전 적용으로 열차 운영효율성 향상, 수송용량 향상 등으로 철도운영기관의 수익성 제고 및 국민서비스 향상</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>연구개발 성과물</b></p>	<p><b>최종성과물</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- KTCS-2 지상 ATO 장치 시작품</li> </ul>
	<p><b>연차별 연구내용별 성과지표</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차속도제어기술 및 열차자동운전기술 규격</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 2~4차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• KTCS-2 ATO 지상장치 시작품</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발 건수, 시제품 개발 건수               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>성과물 검증방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전문가에 의한 검증           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 유사기술 개발 및 연구 경험이 있는 전문가 자문위원회를 구성하고, 주기적 회의를 통하여 KTCS-2 열차제어시스템의 자동운전 구현기술의 타당성에 대한 검증 수행</li> </ul> </li> <li>- 성과지표별 검증방안           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>기타</b></p>	

커. 지상인프라 CTC 설계 및 설치

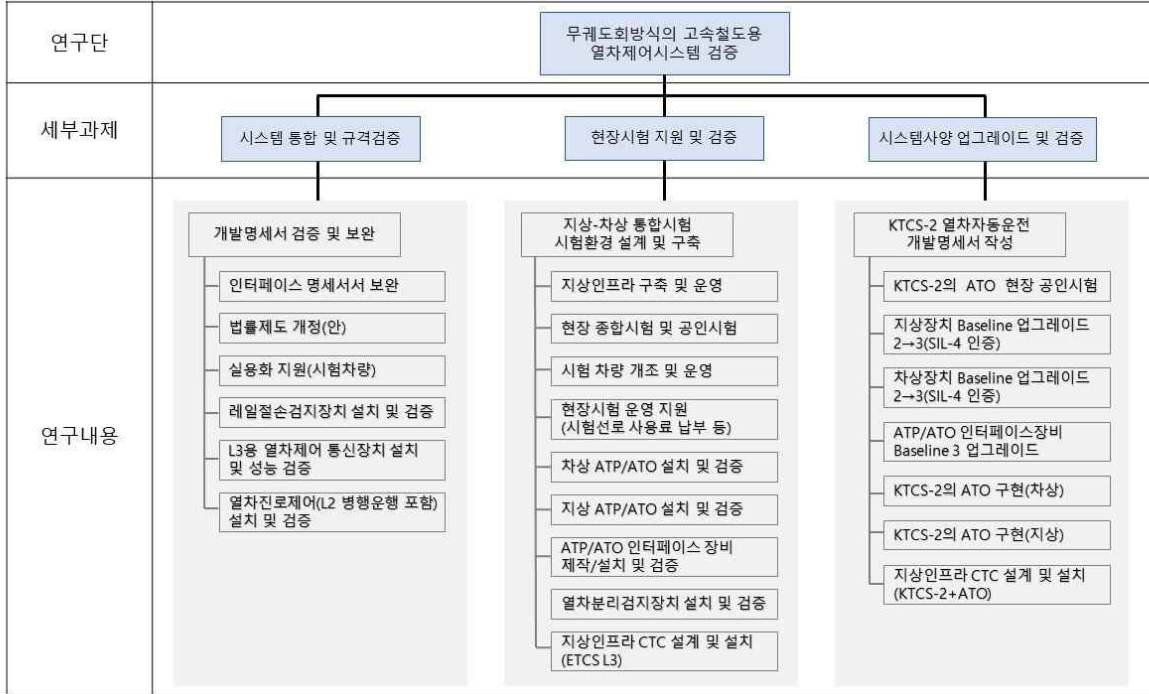
구분	내용
연구과제명	지상인프라 CTC 설계 및 설치
연구개발목표	KTCS-2의 자동운전을 위한 오송 시험선의 관제설비 설계 및 설치
연구기간 및 지원예산	- 4년(3.49억)
연구개발 필요성 및 기술동향	<b>연구개발 필요성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- KTCS-2 열차제어시스템의 자동운전을 실현하기 위하여 구축하는 시험선을 운용하기 위한 관제설비를 구축함으로써 신기술의 실용화를 완성할 수 있음.</li> <li>- 전 단계 연구용역으로 개발된 KTCS-2의 자동운전 현장시험을 위하여 KTCS-2 자동운전장치와 인터페이스가 가능하도록 현재의 오송시험선에 CTC 설비를 구축하기 위한 설계와 설치를 통하여 완벽한 시험과 성능이 검증될 수 있도록 하여야 함</li> </ul>
	<b>정부지원의 필요성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차운행 스케줄에 의하여 진로를 자동으로 제어하고 감시할 수 있는 CTC 기능은 ATP/ATO 기능과 더불어 중요한 기능의 하나임</li> <li>- KTCS-2 열차제어시스템의 ATO 성능검증을 위한 시험선의 감시 제어 기능을 할 수 있도록 CTC 설비를 구축하여 본 과제를 성공적으로 수행할 수 있도록 정부의 지원이 필요함</li> </ul>
	<b>기존 연구와의 중복성 및 연계방안(활용방안)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 기존 연구개발사업인 KTCS-2 자동운전(ATO) 성능검증을 위하여 관제설비를 오송시험선에 구축하는 과제임</li> </ul>
연구개발내용	<b>연구개발 주요 내용</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CTC 관제설비 및 S/W의 설계</li> <li>- CTC 관제설비의 구축 및 시험운영 시 제어</li> </ul>
	<b>연차별 연구내용(연구일정)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2021년 : KTCS-2 ATO용 CTC 장치 설계</li> <li>• 2022년 ~ 2024년 : KTCS-2 ATO용 CTC 장치 구축 및 성능검증</li> </ul>
연구개발추진방법	<b>기술수요처 및 실용화 방안</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국철도시설공단, 한국철도공사 등</li> <li>- KTCS-2 ATO의 CTC 관련기술 확보</li> </ul>

### 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

	<p><b>기대효과 및 파급효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 새로운 열차제어시스템 관계기술을 개발함으로써 외국과의 기술경쟁력 확보를 통하여 국내외 시장 선점</li> <li>- 열차운행편성수 증대, 일반철도의 자동운전 적용으로 열차 운영효율성 향상, 수송용량 향상 등으로 철도운영기관의 수익성 제고 및 국민서비스 향상</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>연구개발 성과물</b></p>	<p><b>최종성과물</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 오송 시험선 CTC 구축</li> </ul>
	<p><b>연차별 연구내용별 성과지표</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• KTCS-2 ATO용 CTC 장치 설계</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발건수, 시제품 개발건수               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- 3~4차년도           <ul style="list-style-type: none"> <li>: 연구내용별 성과물               <ul style="list-style-type: none"> <li>• KTCS-2 ATO용 CTC 장치 구축 및 성능검증</li> </ul> </li> <li>: 논문 발표/게재, 특허출원, S/W개발 건수, 시제품 개발 건수               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
	<p><b>성과물 검증방안</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시험 운영을 통한 검증           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험선에서 시범운행을 통한 검증</li> </ul> </li> <li>- 성과지표별 검증방안           <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당사항 없음</li> </ul> </li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>기타</b></p>	

## 2절 연구개발과제 추진체계

○ 연구개발 추진체계는 과제 규모를 고려하여 연구단 형태로 추진함



- 제작사와 운영기관을 참여시켜 실용화를 위한 테스트 베드구축을 통한 시스템 성능과 안전성을 검증함
- 연구단은 본 사업을 차년도별 사업계획을 수립하고, 이에 맞추어 연구개발내용, 연구개발일정, 연구개발성과 등을 종합관리하고, 유관기관의 요구사항에 대응하고, 2단계사업계획을 수립하고 추진전략을 마련함
- 세부과제 1은 본 사업을 종합관리하고, 시스템 성능검증에 필요한 개발명세서 검증 및 보완, 실용화 지원을 위한 시험차량 확보, 궤도회로와 같은 동등한 수준의 레일절손 검지장치 설치 및 검증, KTCS-3용 열차제어 통신장치 설치 및 성능검증, 열차진로제어 설치 및 성능검증 등을 수행함
- 세부과제 2는 현장시험 지원 및 검증을 수행하고, 지상-차상 통합시험 환경 설계 및 구축, 지상 인프라 구축 및 운영, 현장 종합시험 및 공인시험, 시험차량 개조 및 운영, 현장시험 운영지원, 차상/지상 ATP/ATO 장치 설치 및 검증, ATP/ATO 인터페이스 장비 제작/설치 및 검증, 열차분리검지장치 설치 및 검증, 지상 인프라 CTC 설계 및 설치 등을 수행함
- 세부과제 3은 KTCS-2 열차자동운전 개발명세서 작성, KTCS-2의 ATO 현장 공인

## 제4장 사전타당성 분석

시험, 지상/차상장치 Base Line 업그레이드 2 → 3 (SIL-4 인증 포함), ATP/ATO 인터페이스 장비 Base Line 3 업그레이드, KTCS-2의 ATO 구현(차상/지상), 지상인프라 CTC 설계 및 설치(KTCS-2+ATO) 등을 수행함

## 제4장 사전타당성 분석

### 1절 정책적 타당성

#### 1. 상위계획과의 부합성

##### 가. 제3차 과학기술기본계획

제3차 과학기술기본계획은 5대 분야와 20개 추진과제 그리고 30개 중점 국가전략기술로 구성되어 있음

##### (1) IT 융합 신사업창출 분야

###### ○ SW 인터넷 신사업 창출 과제

- 하드웨어, 제조업에서 SW, 지식서비스 등으로 급격히 이동하고 있는 산업 패러다임의 변화에 대응해 국내 역량 확충을 목표로 하고 있음.
- 차세대 열차제어시스템은 기존의 전기/HW/지상 중심의 제어패러다임에서 통신/SW/차상 중심의 차세대 열차제어시스템과 제어패러다임의 근본적인 변화를 통해 고부가가치 시장진출이 가능함.

###### ○ 스마트 물류·교통시스템 구축 과제

- 기존 교통체계와 첨단 ICT 기술의 접목을 통해 교통시스템의 편리성 향상 및 안전성 확보, 철도 등 국가 기반 인프라 구조물의 효율적 관리·운영을 위해 경제성 있는 최첨단 인프라로 개선을 목표로 하고 있음.
- 무선통신기반 열차제어시스템은 제한된 철도 인프라를 효율적으로 활용(수송용량 증대, 유지관리비용 감소 등)하여 철도운영기관의 경영개선에 기여할 수 있음

##### 나. 국정과제

##### (1) 교통체계·해운 선진화 및 건설·원전사업 해외진출 지원

- 교통체계 선진화: 주요 추진계획으로 철도 병목구간 개선, 혼잡권역 고속도로망 확충, 대도시권 광역철도망 구축을 목표로 하고 있음.

- 무선통신기반 열차제어기술개발로 운전시각 향상을 통한 철도수송용량 향상 및 철도병목구간 개선이 가능함

### 다. 건설교통 R&D 중장기계획안

건설교통 R&D 중장기계획안은 건설교통 미래 메가트랜드에 따른 이슈 및 5대 목표 실현을 위해 친환경·첨단 융복합 기술 확보 등 건설교통 32대 전략프로젝트 추진을 목표로 함

#### (1) 지구 온난화에 대비한 에너지·자원의 효율적 이용

- 철도시스템 성능 및 수송량 향상

#### (2) 미래 경제가치 창출

- 철도 운영 효율화 및 에너지 비용 저감을 통한 경제가치 실현

#### (3) 융복합 첨단기술 확보

- 세계시장 선도 첨단 교통물류 원천기술 확보

### 라. 국토교통과학기술진흥원 미래철도기술 로드맵 2040

국토교통과학기술진흥원 미래철도기술 로드맵은 국가 상위계획과 국내외 철도R&D 정책을 참조하여, 미래철도기술의 5대 발전 방향과 이를 위한 6개 중점추진기술을 도출함

#### (1) 대용량·고밀도·고속화 기술

- 고밀도 열차제어운영 및 대용량 여객·화물 수송에 대한 기술
  - － 고밀도 열차운영 기술분야에서 초근접 열차제어기술(도시철도) 개발을 2030년까지, 초근접 열차제어기술(일반·고속철도)는 2035년까지, 초근접 열차제어 기술(초고속철도)는 2040년까지 화보를 목표로 함
- 2025년까지 무선통신기반 열차제어시스템기술을 고속철도 및 일반철도에 적용함

#### (2) 저비용 건설·제작 기술

##### ○ 저비용의 신개념 철도 인프라 건설기술

- － 철도 인프라 설계 및 시공기술 개발을 통해 2030년까지 건설비 20% 절감을, 2040년까지 건설비 30% 절감을 목표로 함

### 2. 사업추진 의지

#### 가. 국토교통부 한국형 철도신호시스템 구축계획

국토교통부 한국형 철도신호시스템 구축계획(2017.05.16.)에는 국내 철도산업의 대외 경쟁력 강화를 위해 수송능력·경제성·서비스·안전성이 향상된 차세대 신호시스템 개발추진을 포함하고 있으며 방침으로 철도유관기관에 배포함

특히 차세대 신호시스템 추진전략은 열차 간 무선통신 및 IoT, 인공지능을 활용하여 자율주행이 가능한 신호시스템 개발을 추진하고자 하는 국토교통부의 의지가 표현되어 있음

#### (1) 차세대 신호시스템 개발

○ T2I 기반의 열차제어시스템 개발('18 ~ '21, 290억원)

－ 기존 신호시스템과의 상호운영성 확보 및 해외시장 진출을 위해 ETCS Lv3 기반의 신호시스템 우선 개발

## 2절 기술적 타당성

### 1. 사업 논리모형

[표 4.1] 사업 논리모형

1. 이슈 / 문제
<p>① 통계에 의하면 2030년 전 세계 인구의 60%가 도시에 집중하게 되며 이에 따라 도시 내에서 또는 도시 간 대규모의 철도 이용객이 증가할 것으로 예상함에 따라 높은 수송 효율을 갖는 차세대 열차제어시스템의 개발이 필요함. (※ 출처: United Nations, World Urbanization Prospects: The 2005 Revision (2006) and Carl Haub, 2007 World Population Data Sheet.)</p> <p>② 기존의 고속철도 및 일반철도는 궤도회로를 이용한 열차제어시스템으로서 시스템구축 비용, 유지보수비용을 절감하는데 한계가 있으며, 시스템이 처리할 수 있는 선로용량에 한계가 있어 노선을 추가로 건설하여야 하나, 많은 자원과 시간을 필요로 하므로 효율적이지 못함</p> <p>③ 새로운 고속철도용 열차제어시스템은 단기간에 적용하는 것이 어렵기 때문에 적기에 기술개발을 하지 않았을 경우 기존과 같이 외산 시스템을 도입해야 할 것이며, 국내 철도신호산업이 상당기간 외국에 종속될 것임</p> <p>④ 국외 철도선진국의 경우 차세대 열차제어시스템 개발을 활발히 수행하고 있으며 이는 고속철도의 자동운전, 이동폐색을 적용한 열차간격제어 등을 포함하고 있음</p>

2. 목표
<p>① 지상제어설비(궤도회로) 절감을 통한 유지관리비용 20% 절감</p> <p>② 이동폐색방식의 열차간격제어를 통하여 선로용량 30% 증대</p> <p>③ 상호운영성을 통한 노선간 연계운행의 효율향상</p>

3. 이해자
<p>① 철도 서비스 공급자(운영자)</p> <p>② 철도 서비스 이용자(승객)</p> <p>③ 시스템 제작사(기업)</p>

4. 투입
<p>① 시스템 통합 및 규격검증 -개발명세서 및 인터페이스 명세서 보완 -시험차량의 구매 -KTCS-3용 열차제어 통신장치 설치 및 성능검</p>

5. 활동
<p>① 시스템 통합 및 규격검증 -개발명세서 및 인터페이스 명세서 보완 -시험차량의 구매 -KTCS-3용 열차제어 통신장치 설치 및 성능검증</p>

6. 산출
<p>① KTCS-3 열차제어시스템 시험결과 보고서 ② 규격서 및 법률제도개선안 -개발명세서 -인터페이스 명세서 -법률제도 개정안</p>

7. 성과 / 영향
<p>① 설비투자비 측면 - 궤도회로 및 신호기를 철거로 시스템 설치 및 유지보수비용 20% 절감가능. ② 수송력 측면 - 열차수송용량 30%증대</p>

## 제4장 사전타당성 분석

<p>증</p> <p>②현장시험지원 및 검증</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-지상/차상 통합 시험 환경 설계 및 구축</li> <li>-지상인프라 구축 및 운영</li> <li>-현장 종합시험 및 공인시험</li> <li>-시험차량 개조 및 운영</li> <li>-현장시험 운영지원</li> <li>-차상/지상 ATP /ATO 설치 및 검증</li> <li>-ATP/ATO 인터 페이스장비 제작 /설치 및 검증</li> <li>-열차분리검지장치 설치 및 검증</li> <li>-지상인프라 CTC 설계 및 설치</li> </ul> <p>③시스템사양 업그레이드 및 검증</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-KTCS-2열차자동운전 개발명세서 작성</li> <li>-KTCS-2의 ATO 현장 공인 시험</li> <li>-지상/차상상장치 Baseline 업그레이드</li> <li>-KTCS-2의 ATO 구현</li> <li>-KTCS-2용 CTC 설계 및 설치</li> </ul>	<p>②현장시험지원 및 검증</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-지상/차상 통합 시험 환경 설계 및 구축</li> <li>-지상인프라 구축 및 운영</li> <li>-현장 종합시험 및 공인시험</li> <li>-시험차량 개조 및 운영</li> <li>-현장시험 운영지원</li> <li>-차상/지상 ATP /ATO 설치 및 검증</li> <li>-ATP/ATO 인터 페이스장비 제작 /설치 및 검증</li> <li>-열차분리검지장치 설치 및 검증</li> <li>-지상인프라 CTC 설계 및 설치</li> </ul> <p>③시스템사양 업그레이드 및 검증</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-KTCS-2열차자동운전 개발명세서 작성</li> <li>-KTCS-2의 ATO 현장 공인 시험</li> <li>-지/차상상장치 Baseline 업그레이드</li> <li>-KTCS-2의 ATO 구현</li> <li>-KTCS-2용 CTC 설계 및 설치</li> </ul>	<p>③시험차량 구매시방서</p> <p>④시험공인인증서</p> <p>⑤지상/차상상장치 Baseline3 규격서(안)</p>	<p>③서비스 측면</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-열차의 정시성 향상 및 열차운행 정보 제공으로 승객서비스 향상</li> <li>-상호운영성 지원으로 노선간 열차운행이 가능하여 승객수요에 탄력적으로 대응할 수 있어 승객서비스 향상</li> </ul>
---	---	--	--

## 8. 가정

- ① 정부의 지원이 적시에 이루어지는 경우 자동운전을 지원하는 고속철도용 차세대 열차제어시스템의 성능확보
- ② 국내 철도운영기관에서 국내 기술에 대한 막연한 불안감을 떨치고 개발시스템을 적용하게 되면 외산 열차제어시스템 적용으로 인한 막대한 비용과 소요시간 등의 문제 해결이 가능할 뿐만 아니라 연구개발 성과물에 대한 수요 및 파급효과가 높을 것으로 기대
- ③ 세계적으로 열차제어시스템 시장이 늘 것으로 예상됨에 따라 관련 기술의 국내 시장뿐만 아니라 해외진출 가능성 제고

## 2. 차세대 열차제어기술 확보

- 궤도회로를 사용하지 않고 무선통신을 이용한 고속철도용 열차제어시스템 확보
  - 이동폐색기술을 적용한 고속철도의 열차간 간격제어기술 확보
  - 무선통신을 이용하여 고속철도의 실시간 열차위치 추적기술 확보
  - 자동운전(또는 무인운전)을 지원하기 위한 고속철도용 열차운행관제기술 확보
  - 고속철도의 자동속도제어, 승강장에서의 정위치정차, 자동출발 등 자동운전기술 확보
  - 기존 신호시스템의 지상설비와 연계할 수 있는 차상ATP의 상호운영성기술 확보
- 일반·고속철도용 KTCS-2 시스템의 자동운전 구현
- 지상/차상상장치 Baseline3 업그레이드로 세계 기술규격 수준으로 도약

## 3. 기술적 파급효과

- 열차자율주행제어시스템의 고정밀 위치 및 속도 추정기술, 방호프로파일 설계 기술, 안전 마진 추정 및 설계기술은 고속철도 및 일반철도의 T2T 열차제어기술(자율주행기술) 개발에 활용 가능
- 열차 간 전송지연 절감을 위한 네트워크 설계기술, 직접통신 기술 등을 개발하는데 활용
- 열차제어에 적용된 통신보안 기술은 타 대중교통 또는 국가 기반시설에 대한 보안체계 구축에 활용 가능.

### 4. 기술개발 성공 가능성

- 차세대 무선통신기반 열차제어시스템에 필요한 무선통신기반 열차제어시스템 KTCS-M과 KTCS-2, 철도무선통신망(LTE-R)에 대한 개발 경험을 가지고 있음
- 오송종합시험선 건설(2018년 완료), LTE-R 통신망 구축, 고속시험열차 해무 및 안전성평가경험 등 개발인프라를 확보하고 있어 기술개발의 성공 가능성이 매우 높다고 판단됨

### 3절 경제적 타당성

#### 1. 분석 전제

- 본 연구에서 수행하는 경제성 분석은 전단계 과제에서 개발한 무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템의 실용화를 위한 시험인프라 구축 및 시험, 성능검증을 대상으로 함.
- 경제성 분석은 비용-편익, 순현재가치 그리고 내부수익률 등의 지표를 활용하여 수행
- 분석기간은 철도부품 및 시스템 개발 및 개발이후 적용을 감안하여 현재 철도부문 SOC사업의 경제성분석기간과 동일한 40년으로 설정함.
- 사회적 할인율은 일반적인 교통SOC사업에서 적용하는 30년까지 4.5%, 이후 3.5%를 준용
- 이러한 사항을 정리하면 다음과 같음.

[표 4.2] 경제적 타당성 분석 전제

구분	내용
경제성 분석대상	• 무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템 개발 사업효과에 대한 경제성 평가
경제성 분석방법	• 비용편익분석법
분석기간	• 철도부문 SOC사업과 동일한 40년 설정
사회적 할인율	• 구축 후 30년까지 4.5%, 이후 3.5% 적용
사업화율	• 100%

#### 2. 비용 및 편익항목 도출

##### 가. 비용검토

- 무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템 개발내용은 궤도회로 없이 열차와 선로, 열차와 열차 간 직접 통신을 통해 자율주행이 가능한 열차제어시스템을 개발하고, 이 중 고속철도용
- 무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템 개발에 따른 비용과 편익을 추정하여 경제성 분석을 수행

## 제4장 사전타당성 분석

- 합리적 경제성 분석수행을 위해 연구기간, 비용, 그리고 편익산정을 위한 기초자료는 한국철도기술연구원에서 협조를 받아 활용

[표 4.3] 주요 연구내용

구분	내용	적용사항
연구기간	• 2014년 1월~2017년 12월(4년)	• 4년
비용추정	• 기술개발비용 • 차상장치 구축비용 • 지상장치 구축비용 • 유지보수비용	• 23,000 백만원 • 142,500 백만원 • 1,427,500 백만원 • 연간 5,200 백만원
분석기간	• 기술개발 및 적용으로 인해 편익이 발생하는 기간	• 0년
회임기간	• 기술개발 후 편익 발생 까지 소요 기간	• 미적용
사업효과 및 편익항목	• 기술적 파급효과 - 무궤도회로 열차제어시스템 기술력 확보1) • 경제적 파급효과 - 수입에 의존하는 열차제어시스템의 국산화로 수입대체 효과 - 열차운행효율 및 안전성 증대 효과 - 기술개발에 따른 선로용량 증대효과 - 대외 경쟁력화보를 통한 해외시장 진출 효과2)	• 편익항목 - 유지보수비용절감편익 - 차상장치개량비절감편익 - 지상장치개량비절감편익 - 연착율감소편익 - 선로용량 증대에 따른 4대 편익
기초자료	• 현 시스템 차상장치 개량비 • KTCS-2) 차상장치 개량비 • 현 시스템 지상장치 개량비 • KTCS-2) 지상장치 개량비 • 현 시스템 유지관리비용 • KTCS-2) 유지관리비용	• 199,500 백만원 • 142,500 백만원 • 1,923,000 백만원 • 1,427,500 백만원 • 10,400 백만원 • 7,716 백만원

- 주 1) 한국철도공사 및 한국철도시설공단에서 장래 차상 및 지상장치 구축계획을 수립하였기에 이를 반영하여 회임기간은 반영하지 않음.
- 2) 이러한 파급효과의 경우 향후 대내외적 여건의 불확실성과 기술수준의 불명확성으로 계량화는 어려운 항목으로 경제성 분석 시 편익항목으로 반영하지 않음.
- 3) 현 개발사업은 KTCS-3에 해당하며, KTCS-3의 개량비 및 유지관리비가 구체적으로 정해지지 않아 KTCS-2의 비용을 이용하여 편익값을 산출

### 3. 편익산정

#### 가. 차상장치 및 지상장치 개량비 절감

- 차상장치 및 지상장치의 개량비는 현 시스템 개량비와 본 사업의 구축비용의 차이를 통해 개량비 절감편익을 산출함.
- 현재 본 연구를 통해 검증될 시스템 구축비용을 명확히 제시되지 않았으며, 이를 현재 개발 및 상용화 단계에 있는 KTCS-2의 구축비용을 기준으로 산출함.
- 이를 통해 차상장치 개량비의 경우 총 42,750백만원, 지상장치 개량비의 경우 총 853,331백만원의 절감효과가 발생하는 것으로 검토됨.

[표 4.4] 차상장치 개량비 절감비용

(단위:백만원)

구분	차량 대수	현 시스템(A)		KTCS-2(B)		본 연구(C)		절감 비용 (A-C)
		대당 단가	구축비	대당 단가	구축비	대당 단가	구축비	
고속차량 (ATC)	285	700	199,500	500	142,500	550	156,750	42,750

주) 본 사업의 대당 단가는 「ERTMS Level 3 Risks and Benefits to UK Railways-Final Report」에 제시된 ERTMS-Level2 대비 ERTMS-Level3의 설비 장치 비용이 10% 높다는 전문가의견을 반영하여 이를 적용

[표 4.5] 지상장치 개량비 절감비용

(단위:백만원)

구분	노선 길이 (단위 : Km)	현 시스템(A)		KTCS-2(B)		본 연구(C)		절감 비용 (A-C)
		km당 단가	구축비	km당 단가	구축비	km당 단가	구축비	
고속철도 (ATC)	641	3,000	1,923,000	2,225	1,427,500	1,669	1,069,669	853,331

주) 본 사업의 대당 단가는 「ERTMS Level 3 Risks and Benefits to UK Railways-Final Report」에 제시된 ERTMS-Level2 대비 ERTMS-Level3의 설비 장치 비용 비율 75%를 적용하여 산출함.

## 제4장 사전타당성 분석

### 나. 유지보수비 절감

- 유지보수비의 경우 본 기술개발의 km당 유지보수비 단가가 없어 KTCS-2의 유지보수비와 유사한 수준이라 가정\*하고 현 시스템과 KTCS-2의 유지보수비 차이를 본 연구의 유지보수비 절감 편익으로 준용함.

\* 열차분리검지, 궤도절손검지를 목적으로 기존 설치된 궤도회로를 사용함.

- 유지보수비 절감비용 산출결과 연간 약 2,962백만원이 산출됨.

[표 4.6] 유지보수비 절감비용

(단위:백만원)

구분	노선길이 (단위:Km)	현 시스템		KTCS-2		절감비용 (A-B)
		km당 단가	구축비	km당 단가	구축비	
고속차량(ATC)	641	17.90	11,474	13.28	8,512	2,962

### 다. 열차 연착율 감소

- 열차 연착율 감소 편익의 경우 연간 열차 연착건수를 토대로 연간 1인당 총 연착시간을 도출
- 이후 열차 연착원인 중 신호/전기에 따른 연착비율 2.06%와 KTDB에서 제공하는 철도 1인당 시간가치 8,572원을 적용하여 최종 연착율 감소편익을 도출함.
- 열차 연착율 감소 편익 산출결과 연간 약 7.6억원이 산출됨.

[표 4.7] 연간 KTX 승객1인당 총 연착시간

구분	연착건수 (2007년 상반기)	연간 연착건수	지연시간	연평균 연착시간	열차1편성당평 균 고객수	연간 총 연착시간
10분이내	1,809	3,618	18,090	498시간	885명	440,583 시간
10~20	295	590	8,850			
20~30	19	38	950			
30분이상	22	44	1,980			
합계	2,145건	4,290건	29,870시간			

[표 4.8] 열차 연착 원인 비율

구분	영업관계	차량관계	선로관계	신호전기	운전관계	기타	합계
2010년	1,253	500	459	241	2,625	1,424	6,502
2011년	1,832	612	533	186	3,572	1,845	8,580
2012년	3,798	837	1,851	192	5,064	3,291	15,033
합계	6,883	1,949	2,843	619	11,261	6,560	30,115
비율	22.86%	6.47%	9.44%	2.06%	37.39%	21.78%	100.00%

## 라. 선로용량 확충에 따른 편익

- 본 연구개발 시 선로용량 증대효과를 고려하여 교통수요예측 프로그램인 Emme/3를 이용해 선로용량확충에 따른 장래 열차운행횟수 증가로 인한 편익을 산정함.
- 선로용량 확충에 따른 편익항목으로는 교통SOC사업의 타당성평가지 일반적으로 적용되는 통행시간절감, 운행비용감소, 교통사고절감, 환경비용절감 등 4대편익을 적용.
- 산출결과 선로용량 확충에 따른 4대편익의 경우 연간 3,073 ~ 3,207억원 수준으로 검토됨.

[표 4.9] 선로용량 확충에 따른 4대편익

구분	통행시간절감	운행비용절감	교통사고절감	환경비용절감	합계
2030년	177,685	105,472	15,369	11,482	310,008
2035년	183,713	108,776	15,797	12,381	320,667
2040년	182,441	105,186	15,217	12,903	315,747
2045년	177,427	102,246	15,044	12,600	307,317

## 마. 편익 산정 결과

- 편익 산정결과 연간 약 97,287백만원이 발생되는 것으로 검토됨.

[표 4.10] 편익산정 결과

과제명	차상장치 개량비 절감편익	지상장치 개량비 절감편익	유지 보수비 절감편익	열차 연착율 감소편익	선로용량 확충에 따른 편익	합 계
무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템 개발 효과	4,275	213,332	2,962	760	315,747	537,076

## 제4장 사전타당성 분석

### 4. 경제성 분석 결과

○ 분석결과 B/C는 3.07로 경제적 타당성을 확보하는 것으로 검토됨.

[표 4.12] 경제성 분석결과

구 분	B/C	NPV(백만원)	IRR(%)
무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템 개발	3.65	27,992	22.56

[표 4.11] 경제성 분석 결과

년도	비용				편익					현재가	
	기술 개발 비용	차상장 치개발 비	지상장 치개발 비	유지보 수비	차상 장치 개발비 절감	지상 장치 개발비 절감	유지 보수비 절감	연착율 감소	선로용 량확충 효과	비용	편익
2016년											
2017년											
2018년	20.0	30.0			9.0					45.8	8.2
2019년	60.0	35.0			10.5					83.2	9.2
2020년	100.0	120.0			36.0					184.5	30.2
2021년	50.0	70.0			21.0					96.3	16.9
2022년		30.0			0.0					0.0	0.0
2023년		265.0			69.0					169.0	50.7
2024년		350.0	2908.0		69.0	1740.0				2206.6	1272.1
2025년		300.0			69.0					154.8	46.4
2026년		240.0	4058.0		72.0	2430.0				2767.6	1611.1
2027년		240.0			72.0					147.9	44.4
2028년			1359.0			814.6				801.4	480.4
2029년			5950.0			3571.8				3357.4	2015.5
2030년				52.0			29.6	7.6	3,100.1	28.1	1694.0
2031년				52.0			29.6	7.6	3,121.4	26.9	1632.1
2032년				52.0			29.6	7.6	3,142.7	25.7	1572.4
2033년				52.0			29.6	7.6	3,164.0	24.6	1514.7
2034년				52.0			29.6	7.6	3,185.4	23.5	1459.2
2035년				52.0			29.6	7.6	3,206.7	22.5	1405.6
2036년				52.0			29.6	7.6	3,196.8	21.6	1341.0
2037년				52.0			29.6	7.6	3,187.0	20.6	1279.3

## KTCS-3 후속연구 기획보고서

2038년				52.0			29.6	7.6	3,177.2	19.7	1220.5
2039년				52.0			29.6	7.6	3,167.3	18.9	1164.4
2040년				52.0			29.6	7.6	3,157.5	18.1	1110.8
2041년				52.0			29.6	7.6	3,140.6	17.3	1057.4
2042년				52.0			29.6	7.6	3,123.8	16.6	1006.5
2043년				52.0			29.6	7.6	3,106.9	15.8	958.0
2044년				52.0			29.6	7.6	3,090.0	15.2	911.8
2045년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	14.5	867.8
2046년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	13.9	830.5
2047년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	13.3	794.7
2048년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	12.7	760.5
2049년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	12.2	727.7
2050년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	11.6	696.4
2051년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	11.1	666.4
2052년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	10.7	637.7
2053년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	10.2	610.3
2054년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	9.8	584.0
2055년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	9.3	558.8
2056년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	8.9	534.8
2057년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	8.6	511.7
2058년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	8.2	489.7
2059년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	7.8	468.6
2060년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	7.6	452.8
2061년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	7.3	437.5
2062년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	7.1	422.7
2063년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	6.8	408.4
2064년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	6.6	394.6
2065년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	6.4	381.2
2066년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	6.2	368.3
2067년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	5.9	355.9
2068년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	5.7	343.8
2069년				52.0			29.6	7.6	3,073.2	5.6	332.2
B/C = 3.65											
NPV = 27,992백만원											
IRR = 22.56%											

## 제4장 사전타당성 분석

### 5. 결론 및 정책제언

#### 가. 결론

- 무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템 개발에 대한 경제성 타당성분석을 수행
- 합리적 분석을 위해 기본적으로 한국철도기술연구원에서 제공한 관련 자료를 토대로 경제성 분석을 수행
- 경제성 분석을 위한 기본적 방법과 절차는 한국과학기술기획평가원에서 발간한 「연구개발 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침(제1판)」, 「도로·철도부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)」을 준용
- 분석결과 B/C는 3.65로 경제적 타당성을 확보하는 것으로 검토됨.
- 본 연구에서 수행한 경제성 분석결과에서는 구득 가능한 자료를 토대로 한정된 편익만을 반영하였으나, 향후 면밀한 분석을 토대로 추가 자료를 얻을 수 있다면 분석결과의 신뢰성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단됨.

#### 나. 정책제언

- R&D사업을 통한 무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템 개발 연구는 단순한 경제성 분석 결과를 토대로 판단하기보다는 국가 철도신호시스템 분야의 발전과 해외시장 진출 등을 위해 필수적인 사업임.
- 2017년 세계 철도운행제어시장 규모는 약 18조 2,546억원이며, 국내 철도운행제어시장 규모는 약 1,145억원으로 세계시장대비 약 0.63% 수준
- 본 열차제어시스템 상용화에 따라 세계시장 점유율을 약 10% 수준으로 증가할 경우 연간 약 1조 7천억원의 수출증대효과가 발생될 것으로 기대함.

[표 4.13] 철도 운행제어시장 규모

구분	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2017년
세계 철도운행제어시장	143,576	159,112	164,673	170,419	176,373	182,546
국내 철도운행제어시장	720	805	890	975	1,060	1,145
세계시장대비 국내시장 규모	0.50%	0.51%	0.54%	0.57%	0.60%	0.63%

자료) 「중소기업 기술로드맵 2015-2017」, 중소기업청

- 본 개발사업의 경우 경제적 타당성을 확보하였으나, 편익에 반영된 기대효과 이외에 기타 기대효과를 감안한다면, 본 사업의 필요성은 충분할 것으로 사료됨.

## 4절 타당성 검토 종합

### 1. 기술개발투자의 시급성

- 국내 열차제어시스템의 개발은 국외 기술을 국산화 하는 방향으로 진행되어 왔으며 이로 인하여 연구개발 시점에서 이미 상당한 국내 시장이 국외기술로 도입하여 운영되고 있는 상황이며 때문에 연구개발 종료 이후에도 성능검증 및 영업운행 실적 문제로 실용화가 어려운 실정임
- 유럽 등 철도선진국은 이미 축적된 기술과 경험을 바탕으로 차세대 무선통신기반 열차제어시스템에 대한 연구개발을 활발히 진행 중에 있으며 체계적인 단계별 연구개발 로드맵을 수립하고 장기적인 관점에서 천문화적인 연구개발비와 인력에 대한 집중적인 투자를 계획하고 있음.
- 미래 차세대 열차제어시스템 분야에서 국외 선진국과 경쟁하기 위해서는 R&D 연구개발사업으로 개발한 차세대 열차제어시스템의 현장시험을 통한 성능검증과 시범노선 구축으로 영업운행 실적확보가 필요함
  - 이에 적절히 대응하지 못할 경우, 기존 고속철도 신호시스템을 개량할 경우, 외산시스템을 도입해야 할 것이고, 국내 철도산업은 지속적으로 해외기술에 종속될 것임
- 지속적인 연구개발을 통해서 확보한 연구개발경험과 인프라를 지속적으로 활용할 수 있도록 정부차원의 투자와 지원이 필요한 상황임.

### 2. 정부 상위계획과의 부합성

- 국내의 경우 여러 정책동향에서 추구하는 목표는 철도와 첨단 ICT 기술을 접목하여 비용절감과 수송력 향상 그리고 안전성과 편리성 향상으로 볼 수 있음.
- 열차제어시스템 기술은 기존의 지상/전기/HW 중심의 열차제어기술에서 차상/통신/SW 중심으로 변화되고 있으며 개발하고자 하는 열차제어시스템은 이동폐색을 이용한 열차간격제어와 자동운전을 통해 수송력 향상, 승객서비스 향상, 비용절감, 안전성 향상을 목표로 함.
- 따라서 국내외 정책동향에서 추구하고자 하는 중장기적 목표와 부합하고 있음을 확인할 수 있음

# 제5장 자원투입계획

## 제5장 자원투입계획

### 1절 연구시설 및 장비 투입계획

- 총 3세부 25개 세부과제를 도출하여 인력, 장비 및 소요예산 산정을 연구개발의 단계, 과제성격, 연구기간, 연구내용, 개발목표의 수준을 고려하여 연구비 분배를 수행하였음
- 1차년도는 현장시험을 위한 지상/차상 인프라 구축을 위한 시제품 설치 및 부대 기술개발에 비중이 상대적으로 높게 책정하였음(1단계 사업 1차 연구)
- 2차년도 ~ 4차년도는 실용화기술개발에 필요한 시험운행 및 성능검증, 안전성 인증획득에 비중을 두었음.

[단위 : 백만원]

구분		연구내용	연구비
1세부	시스템 통합 및 규격 검증	개발명세서 검증 및 보완	559
		인터페이스 명세서 보완	175
		법률제도 개정(안)	175
		실용화 지원(시험차량)	4,196
		레일절손 검지장치 설치 및 검증	1,152
		ETCS L3용 열차제어 통신장치 설치 및 성능 검증	1,643
		열차진로제어(KTCS-2 병행운행 포함) 설치 및 검증	1,119
1세부 연구비 총액			9,019
2세부	현장시험 지원 및 검증	지상-차상 통합시험 환경 설계 및 구축	559
		지상인프라 구축 및 운영	559
		현장 종합시험 및 공인시험	140
		시험 차량 개조 및 운영	699
		현장시험 운영 지원(시험선로 사용료 납부 등)	699
		차상 ATP/ATO 설치 및 검증	908
		지상 ATP/ATO 설치 및 검증	908
		ATP/ATO 인터페이스 장비 제작/설치 및 검증	839
		열차분리검지장치 설치 및 검증	699
		지상인프라 CTC 설계 및 설치(ETCS L3)	349
2세부 연구비 총액			6,359

## KTCS-3 후속연구 기획보고서

[단위 : 백만원]

구 분	연구내용	연구비
3세 부  시스템 사양 업그레이드 및 검증	KTCS-2 열차자동운전 개발명세서 작성	278
	KTCS-2의 ATO 현장 공인시험	104
	차상장치 Base Line 업그레이드 2 → 3 (SIL-4 인증 포함)	1,862
	지상장치 Base Line 업그레이드 2 → 3 (SIL-4 인증 포함)	1,119
	ATP/ATO 인터페이스 장비 Base Line 3 업그레이드	628
	KTCS-2의 ATO 구현(차상)	175
	KTCS-2의 ATO 구현(지상)	979
	지상인프라 CTC 설계 및 설치(KTCS-2+ATO)	349
3세부 연구비 총액		5,494
총 연구비		20,872

## 제5장 자원투입계획

### 2절 인력투입계획

- 본 과제의 추진전략과 연차별 연구내용에 따라 인력 투입계획을 수립하였음
- 총 3세부 25개 제안기술 도출하여 연구개발의 단계, 과제성격, 연구기간, 연구내용, 개발목표의 수준을 고려하여 인력 분배를 수행하였음
- 1차년도와 2차년도는 현장시험을 위한 지상/차상 인프라 구축을 위한 시제품 제작, 설치 및 부대 기술 개발에 비중이 상대적으로 높게 책정하였음(1단계 사업 1차 연구)
- 3차년도와 4차년도는 실용화기술개발에 필요한 시험운영 및 성능검증, 안전성 인증에 인력투입 비중을 두었음

구분	연구내용	년 차 별 투 입 인 원			
		1차	2차	3차	4차
1세부	1-1	2	2	2	2
	1-2	1	1	1	1
	1-3	1	1	1	1
	1-4	12	0	0	0
	1-5	5	4	4	4
	1-6	10	5	5	5
	1-7	10	3	4	3
1세부 소계		90			
2세부	2-1	3	2	2	2
	2-2	3	2	2	2
	2-3	0	1	1	1
	2-4	4	2	3	3
	2-5	4	2	3	3
	2-6	5	3	3	3
	2-7	5	3	3	3
	2-8	4	3	3	3
	2-9	5	2	2	2
	2-10	5	1	1	0
2세부 소계		104			
3세부	3-1	1	1	1	1
	3-2	0	0	12	2
	3-3	0	0	8	9
	3-4	0	0	4	6
	3-5	0	0	1	4
	3-6	2	1	1	1
	3-7	5	2	3	4
	3-8	5	2	0	0
3세부 소계		76			
연구단		4	4	4	4
연구단 소계		16			
합계		286			

### 3절 소요예산 투입계획

- 본 과제의 연차별 연구개발 소요예산을 세부과제별로 제시하였음
- 총 예산은 아래와 같이 예산을 4개로 분리하였음
  - (예산1) ETCS L3 개발과제의 현장시험 : 129.6억원(4년)
    - 현재 수행 중인 국가R&D “ETCS L3 개발” 과제의 현장시험
  - (예산2) KTCS-2 열차자동운전(ATO) 구현 : 31.3억원(4년)
    - 개발 완료된 한국열차제어시스템(KTCS-2)의 열차자동운전(ATO) 구현
  - (예산3) 시험차량(전동차 2량 1편성) 구매 : 48.6억원(4년)
    - 열차자동운전 시험을 위한 시험차량(전동차 2량 1편성) 구매료
  - (예산4) Subset 업그레이드(Baseline2→3) : 32.4억원(4년)
    - ETCS 기술규격(Subset) 업그레이드 (Baseline 2 → 3)

항 목	연구비(백만원)		
	정부	민간	합계
“ETCS L3 개발” 과제의 현장시험	11,182	2,795	13,977
KTCS-2 열차자동운전(ATO) 구현	1,885	471	2,356
시험차량(전동차 2량 1편성) 구매	4,196	1,049	5,245
Subset 업그레이드(Baseline2→3)	3,609	902	4,511
합 계	20,872	5,217	26,089

#### 1. 소요예산투입계획

- 본 과제의 연차별 연구개발 소요예산을 세부과제별로 제시하였음
- 총 예산은 아래와 같이 예산을 3개로 분리하였음
  - (예산1) 시스템 통합 및 규격 검증 소요예산 : 90.19억원(4년)
    - 개발명세서 및 인터페이스 명세서 보완
    - 법률제도 개정(안)
    - 시험차량의 구매
    - 레일절손검지장치 설치 및 검증
    - KTCS-3용 열차제어 통신장치 설치 및 성능검증
    - 열차진로제어장치 설치 및 검증

## 제5장 자원투입계획

－ (예산2) 현장시험 지원 및 검증 소요예산 : 63.59억원(4년)

- 지상/차상 통합시험 시험환경 설계 및 구축
- 지상인프라 구축 및 운영
- 현장 종합시험 및 공인시험
- 시험차량 개조 및 운영
- 현장시험 운영지원
- 차상/지상 ATP/ATO 설치 및 검증
- ATP/ATO 인터페이스장비 제작 설치 및 검증
- 열차분리검지장치 설치 및 검증
- 지상인프라 CTC 설계 및 설치

－ (예산3) 시스템 사양 업그레이드 및 검증 : 54.94억원(4년)

- KTCS-2 열차자동운전 개발명세서 작성
- KTCS-2 ATO 현장공인시험
- 차상/지상 Baseline 업그레이드(SIL4 인증 포함)
- ATP/ATO 인터페이스 장비 Baseline3 업그레이드
- KTCS-2 차상/지상 ATO 구현
- 지상인프라 CTC 설계 및 설치

○ 과제 종료 후 시험원 철거 및 원상복구는 예산2의 3세부 과제인 지상인프라 구축 및 운영에 소요비용을 배정함

## 2. 총 연구비

○ 무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템 현장시험의 연차별 소요예산

(단위:백만원)

구분	1차	2차	3차	4차	계
인건비	1,710	1,509	2,316	2,003	7,538
연구장비 재료비	1,778	2,972	1,930	1,590	8,270
기타경비 및 간접비	1,300	807	1,542	1,415	5,064
합계	4,788	5,288	5,788	5,008	20,872

### 3. 세부과제별 연구비

○ 무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템 현장시험의 연차별 소요예산

(단위:백만원)

구 분	1차	2차	3차	4차	계
1세부 시스템 통합 및 규격 검증	2,138	3,288	1,879	1,714	9,019
2세부 현장시험 지원 및 검증	2,035	1,476	1,473	1,375	6,359
3세부 시스템 사양 업그레이드 및 검증	615	524	2,436	1,919	5,494
합 계	4,788	5,288	5,788	5,008	20,872

#### 가. 1세부 연차별 연구개발 소요예산

(단위:백만원)

구분	1차	2차	3차	4차	계
인건비	640	548	564	535	2,287
연구장비 재료비	962	2,276	787	706	4,731
기타경비 및 간접비	536	464	528	473	2,001
합 계	2,138	3,288	1,879	1,714	9,019

#### 나. 2세부 연차별 연구개발 소요예산

(단위:백만원)

구분	1차	2차	3차	4차	계
인건비	610	439	442	415	1,906
연구장비 재료비	915	622	663	611	2,811
기타경비 및 간접비	510	415	368	349	1,642
합 계	2,035	1,476	1,473	1,375	6,359

## 제5장 자원투입계획

### 다. 3세부 연차별 연구개발 소요예산

(단위:백만원)

구분	1차	2차	3차	4차	계
인건비	320	203	731	576	1,830
연구장비 재료비	100	178	1,091	822	2,191
기타경비 및 간접비	195	143	614	520	1,472
합 계	615	524	2,436	1,918	5,493

## 4. 연구개발 상세 소요내역

### 가. 무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템 검증

본 사업(무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템개발)을 2차로 나누어 추진할 경우를 고려하여 1차(1차년도, 2차년도)와 2단계(3차년도, 4차년도)에 대한 중간합계를 명시함

(단위: 백만원)

구분	1차년	2차년	중간합	3차년	4차년	중간합	합계
<b>총괄</b>							
<b>1세부</b>	<b>2,138</b>	<b>3,288</b>		<b>1,879</b>	<b>1,714</b>		<b>9,019</b>
1-1	162	137		138	126		563
1-2	50	42		43	41		176
1-3	50	42		43	41		176
1-4	500	2,107		681	824		4,112
1-5	400	285		256	230		1,171
1-6	476	422		426	332		1,656
1-7	500	253		292	120		1,165
<b>2세부</b>	<b>2,035</b>	<b>1,476</b>		<b>1,473</b>	<b>1,375</b>		<b>6,359</b>
2-1	162	134		136	124		556
2-2	162	135		136	122		555
2-3	0	41		42	47		130
2-4	200	166		168	160		694
2-5	200	166		168	160		694
2-6	300	166		252	193		911
2-7	300	166		235	208		909
2-8	300	166		168	208		842
2-9	210	167		168	153		698
2-10	200	169		0	0		369
<b>3세부</b>	<b>615</b>	<b>524</b>		<b>2,436</b>	<b>1,919</b>		<b>5,494</b>
3-1	80	74		70	67		291
3-2	0	0		0	97		97
3-3	0	0		976	833		1,809
3-4	0	0		667	427		1,094
3-5	0	0		330	280		610
3-6	50	46		44	42		182
3-7	285	216		349	173		1,023
3-8	200	188		0	0		388

### 4절 정부지원조건

- 본 연구개발과제는 차세대 무선통신기반 열차제어시스템기술 선도를 목표로 단계별로 연구개발을 추진함
  - 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템 개발(2010.12~2014.6), 일반·고속철도용 열차제어시스템 개발(2014.12~2017.6)을 통하여 ‘열차 신호시스템 표준화방안 통보(국토부, 2010.11)’의 KTCS 구축 단계별 추진전략을 완료하였음
  - 유럽의 철도산업혁신전략 등 외부환경의 변화에 선제적으로 대응하기 위해서는 선행 연구과제에서 개발한 고속철도의 자동운전을 포함한 차세대 열차제어시스템을 시험선에 구축하여 성능검증하는 후속 연구개발사업의 지속적인 추진이 요구됨
- 국내 철도신호통신 산업의 기술성숙도와 본 연구개발과제에서 추진하고자 하는 시제품 제작 및 시험선 검증을 시행하고, 상용화를 추진함
- 본 기획과제의 주요 개발성과를 실용화하기 위해서 정부의 추가적인 지원요구사항은 다음과 같음
  - 시스템 또는 주요장치의 철도용품기술기준으로 지정
  - 영업선에서 실시하는 2단계 시범사업에 철도운영기관이 참여하고, 시범사업에 필요한 사업비를 운영기관이 편성할 수 있도록 사업비 지원

### 제6장 과제공모 방안

본 연구개발의 연구내용과 적시성을 1단계 시제품제작 및 현장시험을 위한 시험선 설치과제를 수행하고, 2단계 시험운영(2년)을 진행하는 것이 적절한 것으로 예상된다.

1단계는 무선통신을 적용한 고속철도용 열차제어시스템을 시험선에 구축하는 것으로서 과제의 참여기관은 전문연구원, 철도운영기관 및 신호전문기업이 참여하는 연구추진체계를 구성하는 것이 바람직하다.

1단계를 성공적으로 수행하기 위해서는 실 수요자인 운영기관의 사용자 요구사항을 반영하여 제작 및 설치를 수행하고, 시험선을 구축한 후 시험(시험운영)하고 평가하는 것이 바람직하다.

세부과제 1,2,3세부과제에 참여하는 참여기업은 해당 세부과제에 책정된 출연금에 대한 매칭을 부담함. 세부과제는 열차제어시스템의 핵심장치인 ATP/ATO장치를 제작, 설치, 시험하는 것이며 안전성인증과 관련된 연구내용이 포함되며 참여기업도 관련 비용을 부담함

## 1절 과제제안요구서

### 1. 연구단 과제

연구과제명	무궤도회로방식의 고속철도용 열차제어시스템 개발
1. 연구 개발목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시스템 통합 및 규격 검증(TRL 8)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이동폐색기술 및 자동운전기술을 적용하여 열차수송용량 30% 증대기술 검증</li> <li>- 궤도회로 등 지상설비 감축으로 유지관리비용 20% 절감기술 검증</li> </ul> </li> <li>○ 열차무결성검지장치 검증(TRL 8)               <ul style="list-style-type: none"> <li>*열차제어시스템의 안전성과 가용성 향상을 지원하는 시스템 보완장치</li> <li>- 열차분리검지정보 전송 : 이벤트 전송</li> <li>- 프로토타입 구현을 통한 성능 및 기능 검증</li> </ul> </li> <li>○ 레일절손검지장치 성능검증(TRL 8)               <ul style="list-style-type: none"> <li>*열차제어시스템의 안전성과 가용성 향상을 지원하는 시스템 보완장치</li> <li>- 레일파손 및 절손 위치 검지 : 100m 이내</li> <li>- 레일상태정보 전송 주기 : 1초</li> <li>- 프로토타입 구현을 통한 성능 및 기능 검증</li> </ul> </li> <li>○ 무선통신망 안정성 향상 및 가용성 향상기술 검증(TRL 8)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주파수 이중화 기능 구현</li> <li>- 열차제어정보의 보완기능 구현</li> <li>- 프로토타입 구현을 통한 성능 검증</li> </ul> </li> <li>○ 실용화지원기술 검증 및 보완(TRL 8)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차제어시스템 표준규격(안)</li> <li>- 열차제어시스템 형식승인을 위한 기술기준(안)</li> <li>- 시스템 인터페이스 검증 및 교육·훈련자료</li> <li>- 범률제도 개정안 도출</li> </ul> </li> <li>○ 이동폐색용 지상ATP 성능 검증(TRL 8)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차운행최고속도 : 350km/h</li> <li>- 열차위치검지정밀도 : ±80m(지상자간 거리 최대 1,500m 적용)</li> <li>- 열차이동권한정보전송주기 : 최소 0.5[s]이며, 전송주기 조정 가능</li> </ul> </li> <li>○ 자동운전을 지원하는 차상ATP/ATO 성능 검증(TRL 8)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차운행최고속도 : 350km/h</li> <li>- 열차위치검지정밀도 : ±80m(지상자간 거리 최대 1,500m 적용)</li> <li>- 열차속도검지정밀도 : ±12km/h(열차최고속도 500km/h)</li> <li>- 동적속도프로파일(ATP프로파일)과 알람프로파일 간 속도여유 :</li> </ul> </li> </ul>

5km/h

- 동적속도프로파일(ATP프로파일)과 상용제동프로파일 간 속도여유 : 5km/h
- 열차위치정보전송주기 : 최소 0.5[s]이며, 전송주기 조정 가능
- 열차이동권한정보전송주기 : 최소 0.5[s]이며, 전송주기 조정 가능
- 자동(무인)운전모드에서 열차운행최고속도 : 300km/h
- 정위치정차 정밀도 :  $\pm 2.5$  [m] (개발규격서 작성과정에서 조정)

○ **종합성능시험인프라 구축 및 시험**

- 종합시험선로 구축
- 열차제어시스템 단계별 검증 및 종합성능시험 평가

○ **실시간 열차운행관제기술 검증(TRL 8)**

- 열차위치정보를 강제로 초기화할 시의 열차위치정보 오차 : 100m
- 열차정시성 확보율 : 97% 이상(또는 열차지연율 3% 이하)

: 열차의 역도착시간을 sec단위로 관리

\*열차의 역도착시간 만족을 판단하는 기준은 개발규격서 확정시 결정

○ **열차진로제어기술 검증(TRL 8)**

- 고정폐색 또는 가상폐색방식의 연동로직 적용
- 열차진로설정시간 : 10[s]
- 선로전환기 동작완료시간 : 8[s]

**2. 연구개발 필요성 및 기술개발 동향**

□ 연구개발 ○ 배경

필요성

- 열차제어시스템은 효율적인 열차운행계획관리, 선행열차와 후속열차 간 열차안전간격제어, 분기구역에서의 안전한 열차진로제어를 담당하고 있으며, 표준통신기술(이더넷)을 적용하여 열차제어시스템과 연계되는 타 설비가 증가하고 있는 추세임
- ‘열차 신호시스템 표준화방안’에 따라 도시철도 및 일반·고속철도 한국형 신호통신시스템(KTCS)을 개발을 완료하였고, 일반·고속선을 대상으로 ‘한국형 철도신호시스템 구축계획(국토교통부, 2017.4)’을 마련하였음
- 유럽은 철도산업혁신프로젝트(FORSTER-RAIL, SHIFT2RAIL, NGTC)을 진행하고 있으며, 이를 통해서 세계철도산업의 주도권을 유지하는 전략과 로드맵을 마련하였음
- ‘열차 신호시스템 표준화방안’에 의한 KTCS개발은 종료되었으나, 대외환경변화에 선제적으로 대응하여 국내철도산업의 경쟁력을 높이기 위해서는 차세대 열차제어시스템을 조속히 진행하여야 함

○ **수송력(Capacity) 측면**

- 궤도회로를 이용한 고속철도용 열차제어시스템(ATC와 ETCS L1,

L2)은 궤도회로가 갖는 물리적인 한계로 인하여 고속철도 승객증가를 감당할 수 없음

- ETCS L2는 무선통신을 적용하여 선로용량이 15%(고속선)정도 높아지지만, 경합구역에서의 선로용량증가가 5%로 미미한 것으로 분석되고 있음
- 고속철도와 일반철도가 거대해진 도심을 운행하면서 선로용량 증대가 다시 요구되고 있으며, ETCS L2에 ATO를 추가하는 사업을 진행 중임
- 수송량을 결정하는 것은 선행열차와 후속열차 간 안전거리이며, 열차의 속도가 높을수록 확보해야 하는 안전거리가 증가하여 노선의 수송량 증대에 한계가 발생하므로, 열차 간 안전거리를 보다 단축하는 방안이 필요함
- 고속선에서 사용 중인 궤도회로는 길이가 1,500m이며, 실시간 열차위치정보를 제공하지 못하고 있어 안전거리 단축이 불가능하고, 무선통신을 이용하면 열차위치정보(오차  $\pm 80m$ )를 실시간으로 검지할 수 있어 열차 간 안전거리를 줄일 수 있으며, 고속선에 적용할 경우 58%의 용량증대가 예상됨
- 또한 자동운전(ATO)기술을 적용할 경우, 고속선의 열차출발, 열차주행, 열차정위치정차를 초(sec)단위로 관리할 수 있어 추가적으로 수송용량이 증대할 것으로 기대됨
- 따라서 자동운전기술과 이동폐색제어기술을 지원하는 차세대열차제어시스템은 고속철도 수송용량한계를 용이하게 해결할 것으로 기대됨

### ○ 비용(Cost) 측면

- 궤도회로를 사용하는 ETCS L1의 구축비용을 기준으로 했을 때, 이동폐색제어기술을 지원하는 차세대 열차제어시스템은 지상설비를 최소화하였기 때문에 구축비용을 25% 정도 절감할 수 있을 것으로 기대됨
- 또한 지상설비 최소화에 따른 유지보수작업이 감소하여 10~50%의 유지보수비용 절감이 기대됨
  - \* 열차제어시스템이 고도화되기 때문에 기관사, 정비요원, 관제요원에 대한 높은 수준의 교육과 훈련이 요구되기 때문에 운영조건에 따라 유지관리비용의 편차가 크게 발생함

### ○ 운영의 편의성(Service) 및 안전성(Safety) 측면

- 열차제어시스템은 자동운전기술을 지원하며, 이를 위해서 열차제어시스템은 관제설비(CTC), 전자연동장치(EI) 및 제어장치(ATP/ATO)가 유기적으로 연결되며, 기관사 및 운영요원(관제요원)의 간섭을 최소화하고 열차운행스케줄에 따라 자동으로 열차가 이동을 함(초단위로 열차운행관리)
  - \* ETCS는 수동운전을 지원하는 ATP를 지칭하는 것이며, CTC와 EI는

독자적으로 구축됨

- 이를 통해서 열차운행의 정시율을 보다 높일 수 있고, 상세한 열차운행정보를 승객에게 제공할 수 있어 승객서비스 수준을 높일 수 있음
- 선로 상에 설치되는 지상설비를 최소화하기 때문에 선로연장, 중간역 추가 등 열차운행계획에 큰 변화가 발생하여도 신속하게 대응할 수 있어서 철도운영자의 탄력적인 열차운행을 지원할 수 있음
- 궤도회로방식은 검증된 시스템이라고 인식되고 있으나, 열차이동에 운영요원이 직접 간여하고 있으며, 궤도회로의 문제로 인한 열차 미검지 등으로 철도사고가 발생되고 있음
- 개발할 열차제어시스템은 열차이동에 자동운전기술을 적용하고, 열차이동을 실시간으로 추적하고, 열차운행상태도 실시간으로 관리할 수 있어 궤도회로 방식보다 안전성이 높아짐
- 그러나 궤도회로를 통해서 확인할 수 있었던 열차분리사고 검지, 궤도절손검지가 선행되어야 하므로 개발된 장치에 대한 검증이 필요함

□ 기술동향

○ 국내 기술동향

- 국내 열차제어시스템 기술개발은 국내철도산업의 한계로 인해 정부 주도의 연구개발사업을 통해 수행되고 있으며 최근 한국형 무선통신기반 열차제어시스템을 성공적으로 개발하였고 현재 ETCS-L3 수준의 한국형 무선통신기반의 이동폐색 열차제어시스템인 KTCS-3를 개발하고 있으며 2021년 12월에 개발이 완료될 예정임.
- 하지만 국내 기술수준은 유럽과 일본, 미국, 중국에서 이미 개발한 CBTC 기술을 확보한 수준이이므로 차세대 무선통신기반 열차제어시스템 핵심기술의 선점을 위해서는 현장시험을 통한 성능검증과 시범노선 건설 등 실용화를 위한 장기적인 지원이 필요함.

○ 국외 기술동향

- 유럽은 일찍이 선진 제작사를 중심으로 무선통신기반 열차제어시스템에 대한 기술을 확보하였으며 이러한 기술력을 바탕으로 전 세계 철도 신호시장을 점유하고 있음. 최근에는 세계 철도시장에서의 입지를 계속해서 굳히기 위해 차세대 무선통신기반 열차제어시스템에 대한 활발한 연구개발을 수행 중에 있음.
- (FOSTER-RAIL) 유럽철도의 연구개발 및 혁신전략을 강화할 수 있도록 지원하는 것이 목적이며, 2050년까지의 기술로드맵을 마련하였음
- (NGTC) ETCS와 CBTC시스템을 통합하여 신호시스템 공급자에게는 보다 큰 신호 시장을 제공하고, 시스템 사용자에게는 경쟁을 강화해서 시스템 구매비용을 낮추는 것이 목적이며, 사업을 종료하고 Shift2Rail에서 관련 성과를 활용하고 있음
  - ETCS와 CBTC시스템의 운영사항과 기능사항의 공통 및 고유사항 분

## 제6장 과제공모 방안

	<p>석</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시스템 구조, 시스템 요구명세서 정립</li> <li>• NGTC의 메시지 분석과 메시지 규격서 작성</li> <li>• 이동폐색의 원칙 및 검증</li> <li>• 무선통신시스템의 일반요구명세 및 적용 가능한 무선통신기술 검증</li> <li>• 위성을 이용한 열차위치검지</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- (Shift2Rail) Shift2Rail은 유럽의 선진제작사 공동 프로젝트로 열차제어시스템 외에도 다양한 분야에 대한 연구를 진행하고 있으며 특히 선로의 용량 즉, 수송량을 획기적으로 증대하면서 노선의 운영자 또는 승객에게 높은 수준의 서비스를 목표로 연구를 진행하고 있음</li> <li>- (중국 NGCTCS) 유럽의 NGTCS를 기초로 하여 중국은 자국의 열차제어시스템 개발 방향으로 NGCTCS를 수립하였으며 열차 간 통신기반의 차세대 열차제어시스템 개발을 반영하고 있음.</li> <li>- (DLR Next Generation Train) 독일 Aerospace Center DLR에서는 차세대 열차 프로젝트의 일환으로 열차 가상연결에 대한 연구를 수행중에 있음.</li> <li>- (Thales Autonomous Train) 유럽의 Thales는 열차 스스로 전방상황을 인지하고 주행 여부를 판단할 수 있는 자율주행 열차에 대한 연구개발을 수행 중에 있음.</li> <li>- (Alstom Urbalis Fluence) 최근 유럽 Alstom의 경우 지난 2014년부터 기존의 CBTC와 같은 지상 중심 무선통신기반열차제어시스템의 한계를 극복하기 위해 차세대 CBTC Solution인 Urbalis Fluence를 개발 중에 있으며 이는 세계최초 train-centric CBTC로서 열차 간 통신을 통해 최소 운전시격을 60초까지 단축이 가능함.</li> </ul>
<p><b>3. 연구개발 내용</b></p>	
	<p>&lt; 연구단 &gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사업총괄관리             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 과제총괄 관리계획 작성, 조정 및 관리</li> <li>- 열차제어시스템 시험선 인프라 구축 및 성능검증 지원</li> </ul> </li> <li>○ 시범사업 추진 및 실용화를 위한 성과확산</li> </ul> <p>&lt; 세부과제 1: 시스템 통합 및 규격 검증 &gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 개발명세서 검증 및 보완             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 열차제어시스템 개발규격 조사 및 분석(상호운영내용 반영)                 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차제어시스템 자동화수준 정의</li> <li>• 열차제어시스템 성능요구사항 정의</li> <li>• 열차제어시스템 기능요구사항 정의</li> <li>• 열차제어시스템 하부시스템 개발요구사항 검증</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

- \* 열차제어시스템 하부시스템 개발(상세설계)과정에서 발생한 보완사항 반영
  - 열차제어시스템 개념 및 구성 정립
  - 열차제어시스템 성능명세 검증 보완
  - 열차제어시스템 기능명세 검증 보완
  - 열차제어시스템 개발규격서 검증 보완
- \* 열차제어시스템 하부시스템 기능명세 및 기능배치 검증 보완
- 열차제어시스템 인터페이스 규격서 검증 보완
  - 열차제어시스템 하부장치 간 인터페이스 규격서 검증 보완
  - 열차제어시스템과 타시스템 간 인터페이스 규격서 검증 보완
  - 열차제어시스템 인터페이스 규격서 검증 보완
- \* 열차제어시스템 하부시스템 및 타 시스템의 상세설계에 따른 인터페이스 규격 검증 보완
- 열차제어시스템 하부장치 간 개발요구사항 검증 보완
  - 관제설비(CTC), 전자연동장치(EI), 지상 및 차상제어장치(ATP/ATO)
  - 관제설비(CTC), 전자연동장치(EI), 지상 및 차상제어장치(ATP/ATO)의 개발요구사항 검증
- 열차제어시스템규격서 작성
  - \*열차제어시스템의 종합성능시험 및 안전성평가 후 최종적으로 확인된 각종 기술자료를 규격서로 작성
  
- 레일절손 검지장치 성능검증
  - 레일절손검지장치 요구사항 분석
  - 레일절손검지장치 시험계획서 작성
  - 레일절손검지장치 현장구축 및 보완
  - 레일절손검지장치 종합성능시험평가
  
- KTCS-3용 열차제어 통신장치 설치 및 성능검증
  - LTE-R 무선접속제어 알고리즘 검증
  - LTE-R 무선접속제어 알고리즘 현장 검증
  - 열차제어 주파수 자동 천이 알고리즘 검증
  - 열차제어 주파수 자동 천이 알고리즘 프로그램 구현 및 시험
  
- 실용화지원
  - 시험차량의 구매
    - 시험차량 제원 검토 분석
    - 구매사양서 작성
    - 차량구매 행정 지원

- 열차진로제어기술 개발
  - 이동폐색을 지원하는 일반·고속철도용 전자연동장치의 요구사항 분석 및 개념설계
    - 전자연동장치의 구성, 성능명세서, 기능명세서
    - 전자연동장치와 관제설비 및 지상제어장치와의 인터페이스 규격서
  - 일반·고속철도 전자연동장치 상세설계
    - 연동장치의 이동폐색정보 처리를 위한 소프트웨어모듈설계
    - 연동장치와 관제설비 및 지상제어장치와의 인터페이스 설계
    - 일반·고속철도 전자연동장치 시험계획서 작성
    - 연동장치 시험항목, 시험방법, 시험절차서
  - 발주규격서 작성
  - 일반·고속철도 전자연동장치 기능시험 점검
    - 실험실단위에서 전자연동장치 단품시험
    - 실험실단위에서 전자연동장치 인터페이스 시험
  - 시험선 현장 설치 점검
    - 현장설치 및 점검
    - 타 장치와의 인터페이스 점검 및 시스템 통합시험
  - 일반·고속철도 전자연동장치 현장 구축 및 검증
  - 종합시험검증, 이력사항검증 지원

### < 세부과제 2: 현장시험 지원 및 검증 >

- 지상-차상 통합시험환경 설계 및 구축
  - 종합성능시험을 위한 관련 조사 및 분석
    - 시험결과 인증과 관련한 국내 철도 관련 법령 분석
    - 열차제어시스템 상호운영성 관련 사항 포함
  - 시스템 단계별 기능점검을 위한 시험계획서 작성
    - 위 요구사항을 토대로 시스템 종합시험 추진체계(안)
    - 기능점검단계 및 점검항목
    - 기능점검 방법, 절차
  - 종합성능시험을 위한 시험항목, 방법, 절차 등 작성(상호운영성 포함)
  - 종합성능시험인프라 설계(상호운영성 포함)
  - 종합계측설비 설계
- 지상 인프라 구축(관제설비, 연동장치 등)
  - KTCS-3 열차제어시스템 시험·검증을 위한 시험선 관제설비의 구축
  - KTCS-3 열차제어시스템 시험·검증을 위한 시험선 연동장치의 구축
  - 시스템 단계별 기능점검
    - 장치별 기능점검

- 장치통합 점검
  
- 시험차량 개조 및 운영
  - KTCS-3 고속운행 시험을 위한 시험차량의 개조 설계
  - KTCS-3 열차제어시스템을 고속차량 해무에 구축
  - 고속철도 구간에서 시험 운행 운영
  
- 현장시험 운영지원
  - 현장시험을 위한 시험선 사용 행정지원
  - 고속철도노선 고속시험을 위한 행정지원
  - 기타 현장시험에 관련된 행정지원
  
- 차상/지상 ATP/ATO 설치 및 검증
  - 지상 및 차상 ATP/ATO 장치의 구축
  - 지상 및 차상 ATP/ATO 장치의 성능검증
    - 장치별 기능점검
    - 장치통합 점검
    - 개방모드에서 기능점검
    - 수동모드에서의 기능점검
    - 자동모드에서의 기능점검
    - 시스템에 대한 종합성능시험 완료(시험성적서)
    - 시스템에 대한 이례사항 점검(시험성적서)
  
- ATP/ATO 인터페이스 장비 제작/설치 및 검증
  - ATP/ATO 인터페이스장치의 시제품 제작
  - ATP/ATO 인터페이스장치의 시제품 설치
  - ATP/ATO 인터페이스장치의 시제품 성능검증
    - 장치별 기능점검
    - 장치통합 점검
    - 개방모드에서 기능점검
    - 수동모드에서의 기능점검
    - 자동모드에서의 기능점검
    - 시스템에 대한 종합성능시험 완료(시험성적서)
    - 시스템에 대한 이례사항 점검(시험성적서)
  
- 열차무결성검지장치 성능검증
  - 열차무결성 검지기술 요구사항 분석
  - 열차무결성 검지장치 시험
  - 열차위치검지장치 현장구축 및 점검

- 열차위치검지장치 종합성능시험평가
  - 장치 환경시험
  - 장치 기능시험
  
- 지상인프라 CTC 설계 및 설치
  - 이동폐색을 지원하는 일반·고속철도 열차운행 실시간 제어 요구사항 분석 및 개념설계
    - 관제설비(CTC)의 구성, 성능명세서 및 기능명세서
    - 관제설비와 지상제어장치 및 전자연동장치와의 인터페이스규격서
  - 일반·고속철도 열차운행 실시간 제어관리장치 설계
    - 관제설비를 구성하는 각 장치별 기능설계
    - 관제설비를 구성하는 각 장치간 인터페이스(프로토콜) 설계
  - 일반·고속철도 열차운행 실시간 제어관리장치 시험계획서 작성
  - 관제설비 발주규격서 작성
  - 일반·고속철도 열차운행 실시간 제어관리장치 기능시험 점검
    - 관제설비를 구성하는 각 장치통합
    - 실험실 단위에서 관제설비의 각 장치별 단품시험
    - 실험실 단위에서 관제설비 통합시험
  - 시험선 현장 설치 점검
    - 타 장치와의 인터페이스 점검 및 시스템 통합시험
  - 일반·고속철도 열차운행 실시간 제어관리장치 현장 구축 및 검증
  - 종합시험검증, 이력사항검증 지원

### < 세부과제 3 : 시스템 사양 업그레이드 및 검증 >

- KTCS-2 열차자동운전 개발명세서 작성
  - 열차제어시스템 개발규격 조사 및 분석(상호운영내용 반영)
    - 열차제어시스템 자동화 수준 정의
    - 열차제어시스템 성능요구사항 정의
    - 열차제어시스템 기능요구사항 정의
    - 열차제어시스템 하부시스템 개발요구사항 검증
  - 열차자동운전 개념 및 구성 정립
    - 열차자동운전 성능명세 검증 보완
    - 열차자동운전 기능명세 검증 보완
    - 열차자동운전 개발규격서 검증 보완
  - \* 열차제어시스템 하부시스템 기능명세 및 기능배치 검증 보완
  
- KTCS-2의 ATO 현장 공인시험
  - KTCS-2의 ATO 공인시험
    - 공인 시험기관의 선정

- 현장시험 및 공인시험성적서 획득
- 지상/차상장치 Baseline 업그레이드 2 → 3(SIL-4 인증 포함)
  - Baseline3 요구사항 조사 및 분석
    - \* 열차제어시스템의 개발요구명세서 자료를 토대로 진행
  - Baseline3 요구사항 정의
  - ATP/ATO장치 기능요구사항 정의
  - 지상장치 및 차상장치 별 개발요구사항 정의
  - Baseline3 개발규격서 작성
- ATP/ATO 인터페이스 장비 Base Line 3 업그레이드
  - ATP/ATO 인터페이스 Baseline3 요구사항 조사 및 분석
    - \* ATP/ATO 인터페이스장치의 개발요구명세서 자료를 토대로 진행
  - ATP/ATO 인터페이스장치의 Baseline3 요구사항 정의
  - ATP/ATO 인터페이스장치 기능요구사항 정의
  - ATP/ATO 개발요구사항 정의
  - Baseline3 개발규격서 작성
- KTCS-2의 지상/차상 ATO 구현(차상)
  - ATP/ATO장치 개발요구사항 조사 및 분석(상호운영내용 반영)
    - \* 열차제어시스템의 개발요구명세서 자료를 토대로 진행
  - KTCS-2 지상/차상 ATO 성능요구사항 정의
  - KTCS-2 지상/차상 ATO 기능요구사항 정의
  - KTCS-2 지상/차상 ATO 개발요구사항 검증
  - KTCS-2 지상/차상 ATO장치 개발규격서 작성(상호운영 반영)
  - KTCS-2 지상/차상 ATO 시작품
  - 차상 ATP 및 ATO 검증용 시뮬레이션 프로그램 및 시뮬레이터
  - 각 알고리즘에 대한 코드화 및 탑재 프로그램
  - 현차 탑재 및 타장치와의 연동을 통한 인터페이스 보완
  - 차상 ATP, ATO 시작품 환경시험 성적서
  - 차상 ATP 및 ATO 시제품 현장 설치
  - 시운전을 통한 알고리즘 보완
  - 시운전을 통한 시뮬레이터용 열차 모델 보완
- 지상인프라 CTC 설계 및 설치(KTCS-2+ATO)
  - KTCS-2 지상/차상 ATO 요구사항 분석 및 개념설계
    - 관제설비(CTC)의 구성, 성능명세서 및 기능명세서
    - 관제설비와 지상제어장치 및 전자연동장치와의 인터페이스규격서
  - KTCS-2 지상/차상 ATO 열차운행 실시간 제어관리장치 설계
    - 관제설비를 구성하는 각 장치별 기능설계

## 제6장 과제공모 방안

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관제설비를 구성하는 각 장치간 인터페이스(프로토콜) 설계</li> <li>- KTCS-2 지상/차상 ATO 열차운행 실시간 제어관리장치 시험계획서 작성</li> <li>- KTCS-2 지상/차상 ATO 관제설비 발주규격서 작성</li> <li>- KTCS-2 지상/차상 ATO 열차운행 실시간 제어관리장치 기능시험 점검</li> <li>- KTCS-2 지상/차상 ATO 관제설비 시험선 현장 설치 점검</li> <li>- KTCS-2 지상/차상 ATO 열차운행 실시간 제어관리장치 현장 구축 및 검증</li> <li>- KTCS-2 지상/차상 ATO종합시험검증, 이례사항 검증 지원</li> </ul>
<h3>4. 연구개발 추진방법</h3>	
<p>□ 추진전략</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Top-down 방식으로 핵심원천기술 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시제품 설계 및 해석을 통한 아키텍처 및 시제품 규격 개발</li> <li>- 테스트베드에서의 성능시험을 통한 설계 및 제어 수정보완 및 시제품 핵심 기술 검증</li> </ul> </li> <li>○ 새로운 열차제어시스템의 적용과 성능시험설비 구축/운영을 위해 철도 운영기관 참여 유도</li> <li>○ 일반·고속철도용 KTCS에서 개발한 LTE-R 지상설비, 차상단말, 휴대단말 활용             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 현재 호남고속선(익산역 ~ 정읍구간)에 구축된 지상설비 등을 활용할 수 있도록 소유자와 협조체계를 구축함</li> </ul> </li> <li>○ 종합성능시험선은 현재 건설중인 오송종합시험선과 호남고속선(익산역 ~ 정읍구간)에 구축하며, 시험열차는 구매하는 전동차 및 고속열차 해무를 개조하여 사용함</li> <li>○ 연구결과 검증을 위하여 다양한 분야의 전문가 활용</li> <li>○ 연구성과 홍보를 통해 기술이전 및 실용화 확산 노력             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전용 홈페이지를 구축하여 유관기관과 연구추진현황 및 성과를 공유</li> <li>- 또한 영문자료를 작성하여 해외 유관기관과 연구성과를 공유함</li> </ul> </li> </ul>
<p>□ 추진체계</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 열차제어, 통신 및 보안 전문가로 참여연구원을 구성하고 산·학·연이 참여하는 연구체계를 구성             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 과도한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성 도모</li> <li>- 연구개발 성과를 적용하는 과정에서 설계사항 변경 가능성을 최소화할 수 있도록 철도전문기술을 보유한 기관의 참여를 도모함</li> <li>- 시스템기술의 성능시험을 통한 제품의 실용화 가능성을 확보하기 위해서 철도운영기관의 참여를 도모함</li> </ul> </li> </ul>

- 연구진의 연구 참여율을 높여 연구 집중도 제고
- 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제 간 연계성 확보 및 협조 체계 구축
- 연구내용의 검증 및 객관성 확보를 위해 외부 전문가 자문위원회를 구성 및 운영하고 연구내용의 기술적·정책적·경제적 보완사항에 대한 자문 실시
- 본 연구는 산·학·연 공동연구를 기본으로 하며, 필요시 해외기관 및 전문가와 공동연구를 추진할 수 있음

**5. 최종성과물**

□주요 최종  
성과물

**<세부과제 1 : 시스템 통합 및 규격 검증>**

- 개발명세서 및 인터페이스 명세서 보완
  - 개발명세서
  - 인터페이스명세서
- 법률제도 개정(안)
  - 별률제도 개정(안)
- 시험차량의 구매
  - 자동운전 시험차량
- 레일절손검지장치 설치 및 검증
  - 시작품
- KTCS-3용 열차제어 통신장치 설치 및 성능검증
  - 시작품
- 열차진로제어장치 설치 및 검증
  - 시작품

**<세부과제 2 : 현장시험 지원 및 검증>**

- 지상/차상 통합시험 시험환경 설계 및 구축
  - 규격서
- 지상인프라 구축 및 운영
  - 지상인프라 구축 및 운영
- 현장 종합시험 및 공인시험
  - 시험계획서
  - 공인시험성적서
- 시험차량 개조 및 운영
  - 시험차량 운영
- 현장시험 운영지원
  - 현장시험 운영지원
- 차상/지상 ATP/ATO 설치 및 검증

## 제6장 과제공모 방안

- 시작품
- ATP/ATO 인터페이스장비 제작 설치 및 검증
- 시작품
- 열차분리검지장치 설치 및 검증
- 시작품
- 지상인프라 CTC 설계 및 설치
- 시작품
- <세부과제 2 : 시스템 사양 업그레이드 및 검증>**
- KTCS-2 열차자동운전 개발명세서 작성
- 개발명세서
- KTCS-2 ATO 현장공인시험
- 시험계획서
- 차상/지상 Baseline 업그레이드(SIL4 인증 포함)
- 시작품
- ATP/ATO 인터페이스 장비 Baseline3 업그레이드
- 시작품
- KTCS-2 차상/지상 ATO 구현
- 규격서
- 지상인프라 CTC 설계 및 설치
- 규격서
- 시작품

### 6. 기대효과 및 파급효과

- 기대효과
  - (운전시격 단축) 열차수송용량 30% 증대와 이로 인해 철도 운영기관 운영수익 증대효과 및 이용자 통행시간 절감효과 기대
  - (설비투자비용 절감) 지상설비 절감을 통해 설비투자비용 및 유지보수비용 20% 절감기대
  - (승객 편의성 향상) 자동운전기술과 이동폐색기술 적용으로 열차 운영중 발생하는 열차 스케줄 지연과 이례상황 발생을 최소화하여 승객에게 높은 정시성을 제공하고, 열차운행정보를 실시간으로 제공하여 편의성 향상 효과 기대
  - (운영 편의성 향상) 지상시설물을 최소화하여 노선연장, 역 추가 등의 열차운행계획편경시 짧은 기간내에 시스템을 조정할 수 있어 운영자 편의성 향상 효과 기대
  - (안전성 향상) 열차운행스케줄에 맞추어 열차이동을 자동으로 처리하여 운영자의 간섭을 최소화하였고, 열차위치를 정밀하게 추적하고, 열차상태정보를 실시간으로확인할 수 있어 인적오류나 장치오류로 인한 사고를 예방할 수 있음

- 파급효과
  - (차세대 제어기술과급) 차세대 무선통신기반 열차제어기술을 열차자율주행기술, 타 교통 분야의 주행안전기술 및 지능형주행 자동화기술 등 설계에 활용 가능.
  - (유지보수비용 절감) 지상설비 절감을 통한 철도 운영사의 설치비용 및 유지보수비용 절감을 도모할 수 있음
  - (경쟁력향상) 현재까지 상용화되지 않은 차세대 열차제어기술을 검증함으로써 철도선진국과 경쟁할 수 있는 기술력 확보
  - (기타) 철도 이용객의 운전시각 단축을 통한 통행시간 절감에 따른 통행시간의 가치와 도로 이용객 수 감소로 인한 에너지 절감효과 안전성 향상을 통한 인적·물적 피해감소 등의 직간접 효과를 가짐.

## 7. 연구개발기간 및 소요예산

- 총 연구기간 : 4년
- 총 연구개발비 : 24,191백만원(정부출연금)
  - 1차년도 연구개발비 : 4,788백만원(정부출연금)
  - ※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부 예산 사정에 따라 조정될 수 있음
  - ※ 기업참여시 기업부담금은 연차별로 “국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정”의 기준을 따르되, 추가 부담 가능
  - ※ LTE-R구축 및 단말(차상, 휴대) 개발은 수행하지 않으며, KTCS-2(일반 및 고속철도용 무선통신 및 제어시스템 실용화)의 개발성과를 활용 LTE-R 및 단말의 사용권 확보 또는 소유권 이전 등에 필요한 행정절차를 완료하여야 함

## 8. 기 타

## 참고자료

1. 한국철도표준규격 KRS SG 0069-15, 도시철도용 무선통신기반 열차제어시스템
2. ERTMS Level 3 Risks and Benefits to UK Railways, TRL, 2010
3. Research and innovation - advancing the european railway, ERRAC, 2016
4. Compendium on ERTMS, UIC, 2009
5. 한국형 철도신호시스템 구축계획, 국토교통부, 2017.5
6. 철도형식승인, <http://krts,krri.re.kr/>, 2017.6
7. National ERTMS Business Requirements, ERTMS Strategy Group, 2012.12
8. Transport Infrastructure Capacity Assessment, TOSCA, 2008
9. Benefits and Barriers to CBTC and ETCS Convergence, MetroRail 2012, 2012.3
10. Influence of the European Train Control System ETCS on the capacity of nodes, UIC, 2010.5
11. Transport Infrastructure Capacity Assessment, TOSCA, 2008
12. World rail market study forecast 2016 to 2021, UNIFE
13. Worldwid market railway industries, SCI. 2016
14. IEEE Standard for Communications-Based Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements, IEEE. 2004
15. Performance Requirements for Interoperability(ERTMS/ETCS subset-041), UNISIG
- 16 High Level Comparison between Operational models, NGTC, 2013