Land Infrastructure and Transport R&D Report

발 간 등 록 번 호
11-B552989-000071-01

보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( )
국토교통연구기획사업 최종보고서

R&D /
17RDPP-C135986-01

내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너 이송시스템 기술개발 기획

2018. 11.

주관연구기관 / 한국교통대학교

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원) 귀하

이 보고서를 “내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너 이송시스템 기술 개발 기획“ 과제의 보고서로 제출합니다.

2018. 11.

주관연구기관명 : 한국교통대학교
주관연구책임자 : 이 형 우
연 구 원 : 정 광 우
연 구 원 : 박 찬 배
연 구 원 : 권 혁 빈
연 구 원 : 이 희 성
연 구 원 : 박 민 철
연 구 원 : 이 수 철
연 구 원 : 지 우 영
연 구 원 : 이 유 진

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>17RDPP-C
135986-01</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td colspan="2">2017. 8. 25.~
2018. 8. 24.</td><td>단 계 구 분</td><td>1/1</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>중 사 업 명</td><td colspan="5">국토교통연구기획사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="5">내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너
이송시스템 기술개발 기획</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>연 구 책 임 자</td><td>이형우</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 9명
내부 : 9명
외부 : 명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부: 78백만원
기업: 천원
계: 78백만원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국교통대학교</td><td>참여기관명</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명 :</td><td colspan="3">상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="3">연구기관명 :</td><td colspan="3">연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="5">요약</td><td>보고서면수</td><td>299</td></tr>
</table>

○ 국내외 관련 연구, 기술동향 및 특허조사
- 국내 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템 현황 및 기술동향 조사
- 해외 컨테이너 물류 선진국의 자동화 이송시스템 현황 및 기술동향 조사
- 컨테이너 이송시스템의 주요 기술(차량, 추진장치, 제어 및 관제시스템 등) 관련 최신 동향 조사
- 컨테이너 이송시스템의 국내외 특허동향 조사
- 국내외 기술개발 현황 및 국내 기술 인프라·인력 현황(기업, 연구소, 대학 등) 분석
- 기술수요 및 기술예측 조사
- 동향분석 결과를 바탕으로 기술개발 추진방향 정립(SWOT 분석 등)

○ 안정성 향상 및 물류이송 효율성 향상을 위한 자동화 컨테이너 이송시스템 기술개발 전략 제시
- 개발 컨테이너 이송시스템의 요구사양 도출
- 안정성 향상 및 물류이송 효율성 향상을 위한 주요 핵심기술 도출
- 기술개발 비전, 목표, 핵심전략 제시
- 기술발전 시나리오 제시
- 비전달성을 위한 후보과제 도출

- 후보과제에 대한 우선순위 도출
  ※ 기술개발 성공가능성, 기술개발 중요도·시급성 검토 등
- 실험실 수준의 test-bed 구축 및 설계 기준, 시험/검증 방안 제시
- 개발 시스템의 안전성 및 신뢰성 확보 방안 제시
- 단계별 추진전략 및 로드맵을 포함한 시스템 개발을 위한 기술개발 계획서 제시
- 경제성 및 기대효과 분석

○ 컨테이너 이송시스템 기술개발 추진과제 발굴 및 기획
- 목표 및 연구범위 설정
- 세부과제(핵심요소기술) 도출 및 연구내용 설정
- 세부과제 연차별·단계별 성과목표(정량적, 정성적)와 성과지표(필수지표 포함) 설정 및 성과맵 제시
  ※ 핵심요소기술의 개발수준 및 달성여부 판정기준 등
- 연구추진체계 제시
- 과제구성에 따른 연구일정 및 인력투입계획 수립
- 과제별 소요예산 산정
  ※ 단위과제 기준으로 연차별 예산산출 근거를 작성하여 소요예산 적정성 검토

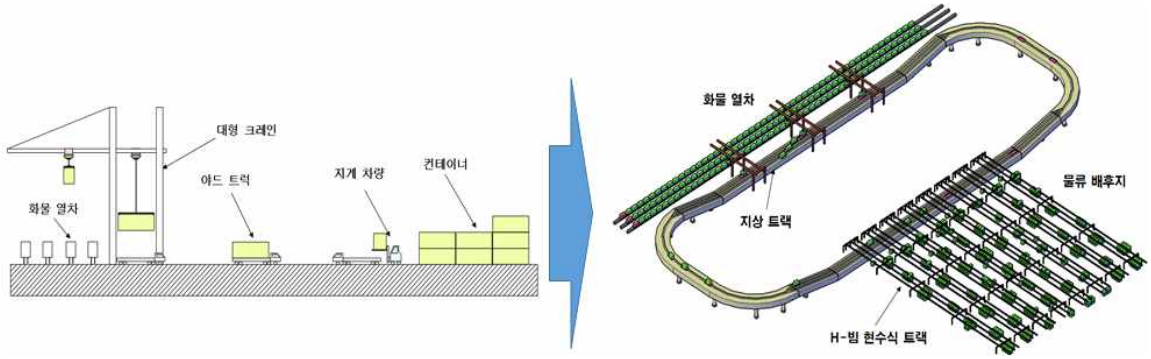
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	리니어 추진, 네트워크 기반, 컨테이너 이송시스템, 물류 자동화, 통합제어
	영 어	Linear propulsion, Network-based, Container transport system, Logistics automation, Integrated control

요 약 문

Ⅰ. 제 목

내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너 이송시스템 기술개발 기획

Ⅱ. 기술의 정의 및 필요성



<기술 개발 개요>

○ 내륙물류기지 및 배후물류단지의 친환경적 자동화 물류체계 구축을 위한 리니어추진(LM) 및 네트워크(IT) 기반의 컨테이너 이송시스템 기술의 구성은 다음과 같음

- 전기에너지를 사용하는 리니어 모터를 적용하여 친환경 저탄소의 지속가능 교통물류 발전에 기여하며 환적 및 적재를 위한 여러 운송수단을 통합하여 컨테이너 이송 시간과 비용이 감소하고 내륙물류기지 및 배후물류단지의 효율적인 활용이 가능한 **‘LM 기반의 컨테이너 이송시스템 기술’**
- 컨테이너의 이송 차량을 원격 제어하고 위치를 인식함으로써 차량운행을 위한 인력이 대폭 감소하여 효율이 증가하고 안정성을 확보할 수 있는 **‘네트워크 기반 통합제어 시스템 기술’**
- 전체 시스템의 통합 관제와 관리가 가능하고 무인으로 24시간 상하역 작업이 가능하여 효율적인 물류 운영이 가능한 **‘물류 운영 최적화 기술’**

○ 물류관점에서 지역 간 화물통행에 대한 연구는 다수 기획, 연구되었으나 물류거점 내에서의 화물운송 효율화 및 지속가능성 확보를 위한 연구는 부족함

○ 지속가능 교통물류발전 기본계획(‘11-‘20) 상의 관련 내용 : 저탄소 교통물류체계 구축을 위하여 교통물류거점의 연계교통망 구축을 확대하고 도로화물의 철도전환 촉진을 추진하고 있음

- 대표적으로 의왕 ICD 현대화 및 기존 물류기지의 운영을 개선하기 위하여 야드

트럭 기반의 물류기지 내 환적이송시스템을 자동화하고 철도기반으로 추진
- 특히 도로화물의 철도 전환을 촉진하기 위하여 철도전환 물류업체에 보조금을 지급하는 방안뿐만 아니라 물류시설에서 도로화물을 감소시키는 근본적인 방안 마련 필요
- 이와 더불어 철도 복합 일괄수송을 보다 확대하기 위하여 철도이용을 보다 효율적으로 하고 기존 철도망과의 연계성을 획기적으로 개선하는 것이 필요함

○ 국가물류비 추이를 보면 수.송비의 비중이 가장 크며, 하역비의 연평균 증감률이 가장 높은 편임. 본 연구는 물류비 중 수송비와 하역비 절감에 기여가 클 것으로 판단되며, 다음과 같은 장점을 가지고 있음

- 컨테이너 이송 및 환적을 위한 지상 차량들의 이동경로가 불필요하므로 물류거점 내 야드 트럭 운송비 절감
- 친환경 물류체계 도입으로 배기 가스 등 대기오염 물질 감소 및 차단효과 기대
- 야간 상·하역 작업 수행을 통한 24시간 물류거점 운영
- 현장 근무인력의 효율적 대체 운영 및 고부가 가치 인력 창출에 따른 운영 효율 향상
- 네트워크 기술 기반의 중앙관제를 통한 체계적 물류 관리
- 잠재적 사고위험 제거에 따른 환적시스템 선진화 및 자동화
- 운송 수단간 통합화, 부지의 효율화 및 연계의 신속화 달성

Ⅲ. 국내외 동향 및 환경분석

1. 국내 정책 동향

○ 제 1차 지속가능 국가교통물류발전 기본계획(2011~2020)은 친환경·사람 중심의 녹색 교통 구현, 저탄소·에너지 고효율 교통물류체계 구축, 녹색교통물류 신성장 동력 창출 등을 목표로 하며 지속가능 교통물류정책 시행과 자동차 연비개선 등을 통해 2020년까지 온실가스 감축량 약 3,450만톤 달성을 목표로 설정하였음

○ 국가물류 기본계획 (2016~2025)에서는 기술, 사회, 경제, 환경 변화 등에 대응하여 물류 분야를 혁신하고 신사업 창출을 통한 글로벌 물류 강국 실현을 목표로 제시하며 고부가가치 물류산업 육성, 해외시장 진출강화, 스마트 물류기술 개발 및 확산, 지속가능한 물류산업 환경 조성 등 물류산업 전반의 혁신을 주도함

○ 제2차 물류시설개발 종합계획(2013~2017)에서는 고효율·고품질의 물류시설 구축, 지속가능한 물류시설 구축, 고부가가치의 융합형 물류시설 구축 등을 목표로 수립되었으며친환경 교통수단 기반 연계교통 물류시설 육성, 친환경·안전·보안 확보를 위한 물류시설 선진화, 물류시설의 정보화·자동화를 통한 첨단인프라 강화 등 지역친화적 미래형 물류시설 구축을 추진함

○ 국토교통 4차 산업혁명 대응 전략 (2017.04)에서는 가상·증강현실, 빅데이터 등 첨

단 기술과 융합하여 피킹(Picking), 운송, 보관, 재고 관리 등 일련의 과정이 자동화된 물류센터 개발을 통한 물류 서비스 산업 육성을 주요 과제로 제시

2. 국내외 무인자동화 터미널 시장 동향

○ 완전무인자동화 터미널은 기존 터미널에 비해 인건비, 동력비 등 운영비를 37% 이상 줄일 수 있고, 기존 항만에서 사용하는 디젤연료 대신 전기 동력의 친환경 하역장비를 사용함으로써 오염물질 발생을 최소화할 수 있음

○ 국내 운영중인 컨테이너 터미널은 모두 반자동화 항만으로 중국에 비해 1/2 수준임

- 국내 부산신항만, 인천신항의 주요 컨테이너 터미널은 야드작업에서만 자동화 야드크레인을 적용한 반자동화 수준임

구분	자동화 수준	선박 하역작업	이송 작업	장치장 작업	주요 터미널
우리나라	반자동화	· 유인운전 · 전기동력	· 유인운전 · 디젤동력	· 무인(원격)운전 · 전기동력	• 부산신항만컨테이너터미널(PNC) • 한진부산컨테이너터미널(HJNC) • 부산신항국제터미널(PNIT) • 현대부산신항만(HPNT) • 부산항신항컨테이너터미널(BNCT) • 인천선광신컨테이너터미널 • 한진인천컨테이너터미널
유럽 오세아니아 아시아	자동화	· 유인운전 · 전기동력	· 완전무인운전 · 전기동력	· 무인(원격)운전 · 전기동력	• (네)ECT, (독)CTA • (호)VICT, Patric터미널 • (중)Ocean Gate
유럽 미주 아시아	완전자동화	· 무인(원격)운전 · 전기동력	· 완전무인운전 · 전기동력	· 완전무인운전 · 전기동력	• (미)LBCT, Trapac • (네)APMT, RWG 등 • (중)QQCTN,

주: VICT(Victoria International Container Terminal)

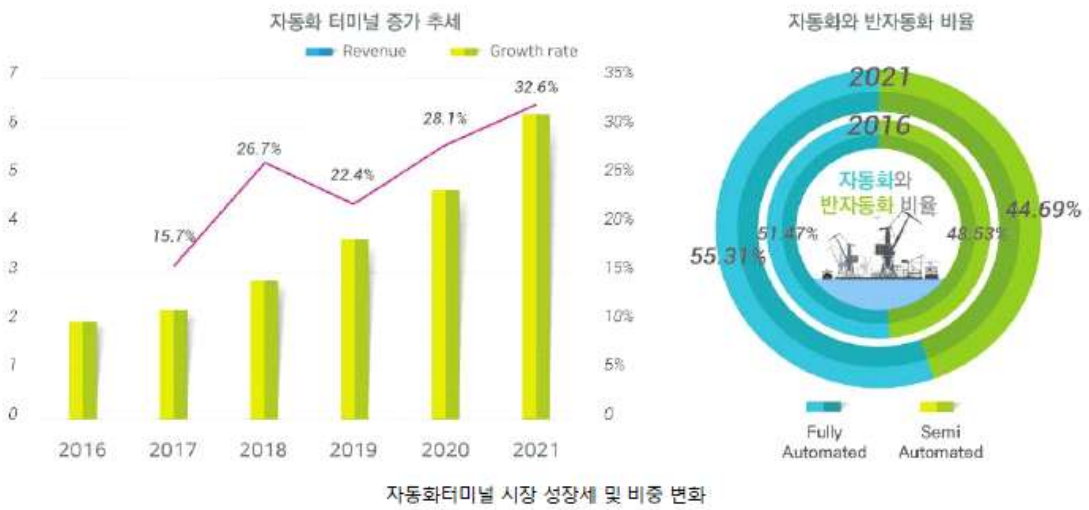
<세계 컨테이너 항만의 자동화 수준>

○ 국내에서는 2025년 글로벌 Top2 환적허브 달성을 위해 정부를 중심으로 차세대 항만 구축을 추진 중임

- 항만물류 관련 국가계획에서 2025년 이후 차세대 항만구축을 계획 중임
- 해양수산부 및 한국해양수산개발원에서는 '완전무인자동화 하역시스템'을 구축하기 위해 기술개발을 추진 중임

○ 세계는 항만자동화의 보편화 시대로 진입하고 있고, 자동화 추세는 향후 5년간(2016~2021년) 연평균 25% 성장하고 완전무인자동화 터미널 비중이 높아질 전망임

- 테크나비오 2017 (Technavio 2017) 연구보고서에 따르면 반자동화터미널을 포함한 글로벌 자동화 컨테이너 터미널 시장이 2016년 20.4억 달러에서 2021년에는 62.2억 달러로 연평균 25% 성장할 것으로 예상함
- 그 중 2016년 완전무인자동화 터미널이 전체 자동화 터미널 중 51.47%를 차지하였으며, 2021년에는 55.31%로 더 늘어날 전망임



<자동화터미널 시장 성장세 및 비중 변화>

○ 2015년 이후 글로벌 허브항만들은 완전무인자동화 컨테이너 터미널 건설을 앞 다투어 추진 중임

구분	항만	터미널 명	안벽길이	안벽장비	이송장비	야드장비
				RC QC	배터리 L-AGV	ASC
운영중	로테르담	AMPT	1,000M	8	62	54
		RWG	1,150M	11	59	50
	롱비치	LBCT	1,295M	14	70	72
	청도	QQCT (1단계)	1,320M (660M)	7	38	38
건설중	양산	양산항 (4단계)	2,350M	16	200	120
	싱가포르	TUAS항 (1~4단계)	26,000M	발주 준비 중		

<해외 완전무인자동화 컨테이너 터미널 무인자동화장비 현황>

3. 국내외 기술 동향

가. 물류 운영 최적화 기술

○ 국내에서는 도로, 항공, 철도 등 다양한 분야에서 시스템의 운행 현황 (객체의 위치, 속도, 상태 등)을 파악하기 위한 모니터링 위주의 관제 센터가 구축되었으나 최근에는 시스템의 상태 검지를 통한 진단 및 유지보수 지원, 원격 제어 등으로 운영 최적화 기술 영역이 확대되고 있음

○ 국내 경전철 노선은 무인운전시스템이 보편화되고 있으며, 열차 운행 관련 모든 상황을 관리하기 위해 종합관제센터(OCC : Operation Control Center)가 설치·운영됨



<무인운전시스템의 원리 : 양방향 무선통신(CBTC)>

① **종합관제센터의 원격제어 기능**

- 차상장치 운행 및 열차상태정보 전송
- 실시간 감시 및 원격제어 기능 (열차운행, 회차, 주박 등 자동실행)
- 직접 안내방송 가능

② **안전장치**

- 승강장 : PSD, 비디오폰 차상장치 운행정보 전송
- 차량내 : 비상탈출문, 화재감지기, CCTV, 비상인터폰등
- 선로 지장물 감지 및 탈선 감지 기능

○ 코레일은 IoT기술을 활용하여 운행 중인 모든 열차를 실시간 모니터링하고, 상태기반 유지보수시스템(CBM, Condition Based Maintenance)을 구축하여 열차 안전을 확보하고 정비성를 강화하고 있음

- 상태기반 유지보수 : 각종 센서(Sensor)와 IoT 기술을 활용하여 열차 주요 장치를 실시간 원격 감시함으로써, 운행 중 이례사항을 사전 예측, 대비하고 빅데이터(Big Data)를 분석하여 정비주기를 최적화하는 가장 선진화된 유지보수 방법

○ 한국철도기술연구원에서는 선진국 수준의 철도 안전성 확보 및 운행장애 감소, 유지보수 비용 절감과 세계 최고 수준의 통합 모니터링, 상태진단 및 사고위험 조기 예측 기술력 확보를 위해 국가 R&D로 ‘실시간 운행안전 및 유지보수 기술’을 개발 중에 있음

- 첨단 IT와 네트워크 기술을 적용하여 관제시스템을 중심으로 철도차량, 역사 및 시설 등에 대한 안전 관련 정보를 실시간 모니터링하고 사고위험을 조기 예측 진단하여 제어하는 실시간 통합 감시제어시스템 개발

○ **유럽 TSI**(Technical Specification for Interoperability)는 “Directive 96/48 EC 대차시스템 상태모니터링”과 같은 철도시스템에 대한 모니터링 적용 기준이 제정되었으며, 이에 대응하여 유럽연합(EU)은 철도시스템 Intelligent 모니터링, Intelligent 안전관리, Intelligent 운영유지관리, 그리고 향상된 통신방식 등에 대한 연구인 InteGRail Project 를 39개 기관이 참여하여 2000만 유로(약 300억원)의 예산으로 수행하고 있음. 이 프로젝트는 철도연구기관이 중심이 되고 차량제작사, 부품제작사, 차량운영기관 등이 공동연구자로 참여하며 2000년 기준 대비 철도의 신뢰성 50% 향상, 정비비용 10% 감축, 정시성 5% 증대 등을 목표로 하고 있음.

- 유럽의 고속열차제작사 및 부품 공급사는 TSI 규격을 만족하기 위하여 철도차량 결함의 조기 감지 및 중대 결함 방지, 보수교체 시기의 판단, 상태 기반 정비(CBM

:Condition Based Maintenance) 관리체계의 입력자료 제공 등을 목적으로 차상 on-line 상태 모니터링 시스템을 개발하고 있음.

○ COMORAN : Condition Monitoring for Railway Application (KNORR-BREMSE社)

- 철도차량 제동시스템에 포함된 대차 모니터링 진단시스템(Bogie monitoring and diagnostics)으로 안전과 관련된 중요 항목인 윤축 베어링의 손상, 불안정 주행 또는 탈선 등을 모니터링하고 진단할 수 있는 시스템임
- 대차에 센서를 설치하여 차륜의 속도, 온도, 가속도 등을 측정할 수 있고 실시간으로계측, 분석하여 기관사에게 즉시 통보되는 On-board 시스템임

○ Multilog online systems (SKF)

- 철도차량의 안전과 신뢰성을 향상시키고 유지보수비 절감을 목표로 손상발생 가능 항목에 대하여 모니터링하고 알람을 표시함.
- 모니터링 항목 : 윤축 베어링 상태와 그리이스(grease) 수명, 차륜 찰상 및 형상, 대차안정성 및 hunting, 탈선, 모터, 감속기, 동력전달축, 불평형 및 공진, 레일상태

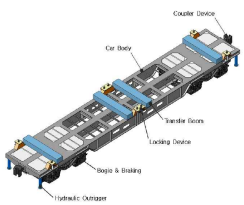
나. LM기반 컨테이너 이송시스템 기술

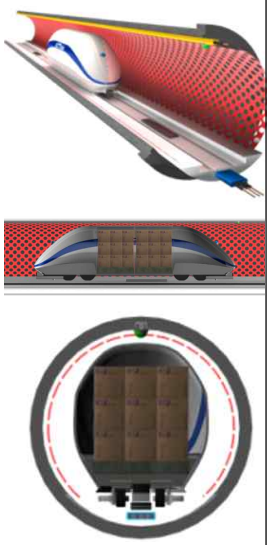
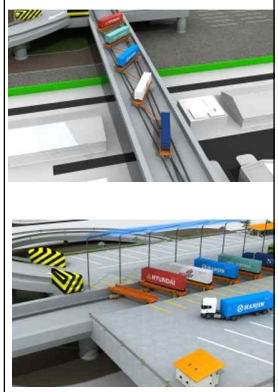
○ 국내 자동화물운송시스템별 상용화 단계를 살펴보면, 국내 신개념 철도 자동운송시스템 중 인원 수송용 운송시스템인 부산 반송선, 스카이큐브(PRT)는 무인 자동화 방식으로 운영되고 있음

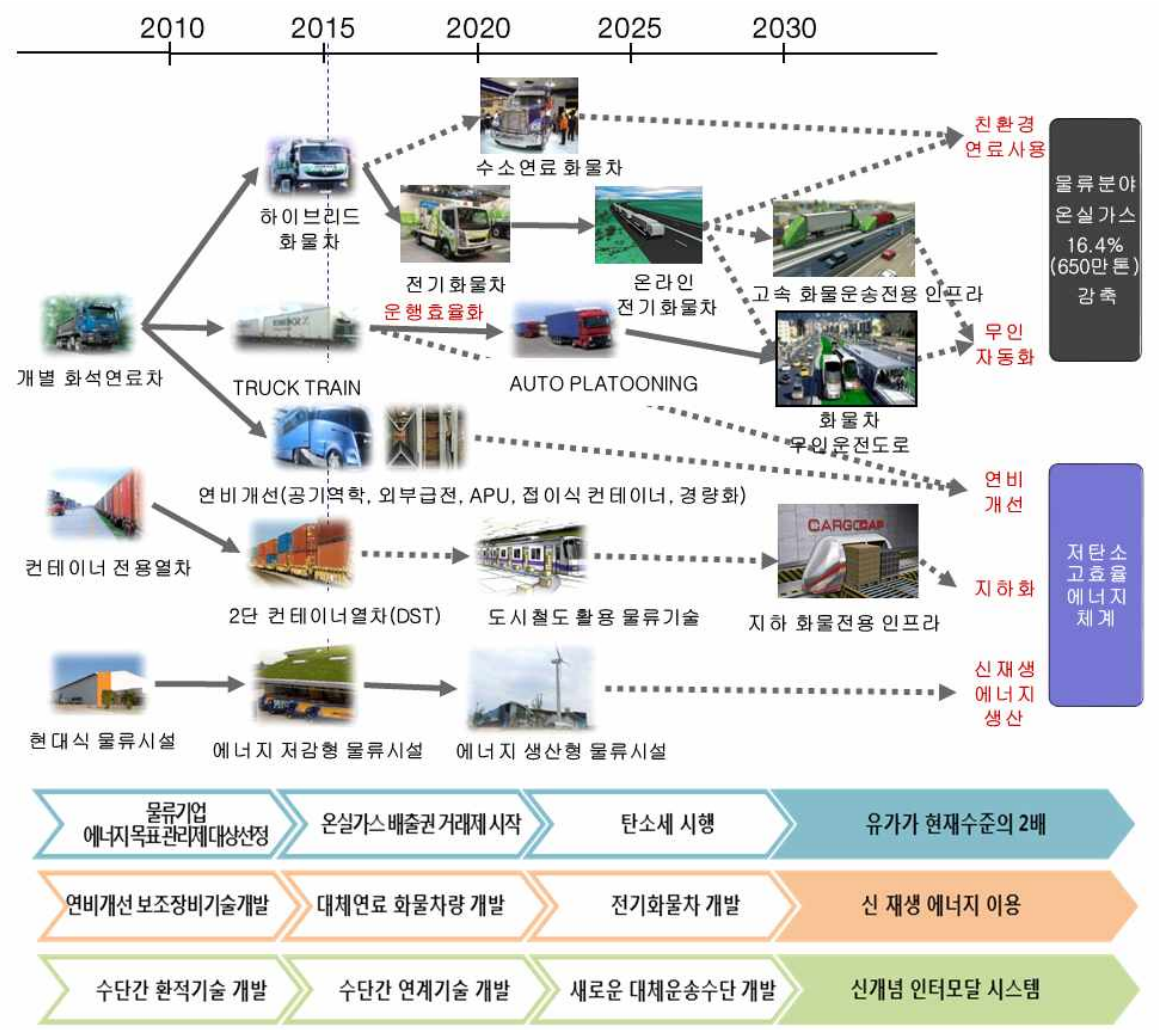
○ 자동화물운송시스템 기술인 AutoCon은 개념 설계를 완료하고, 지하화를 위한 기술적 검토도 이루어진 바 있으며, 최근 축소규모의 시연모형을 개발하는 본격 기술개발단계에 접어들었음

○ 한국형 ATS는 기획연구 단계를 완료하였으나, 타당성 문제로 본 사업으로 이어지지는 못하였음

<국내 자동화물운송시스템 기술 현황>

구동장치 구분	시스템	운송/제어 방식	개요	기술 특징
회전형 전동기 구동	한국형 DMT 	• 고정경로(레일 방식) • 무인자동/유인 제어	• HTS(Horizontal Transfer System) 를 이용해 중량물을 수평으로 이송하는 시스템 • 도로와 철도간에 별도의 환적 장비 없이 자체환적 및 셔틀운송 기능이 하나로 통합된 새로운 형태의 복합기능 트레일러 • ㈜범창종합기술개발에서 국내 기술 개발	• 기존 장비에 비해 신속 간편하고, 경제적이며 효율적인 복합일관수송 체계 구축 가능 • 유압을 발생시키면 HTS 내부 수직 실린더가 작동해 상판이 상승되고, 반대일 경우 하강하며, 수평이동은 동작센서를 이용 • 2 조의 HTS 롤러의 이동속도를 동기화해 가이드레일을 따라 안전 하게 이동하는 시스템

	한국형 ATS  	• 고정/자유경로 • 연료전지/CNG 하이브리드 구동 • 무인자동/유인 제어	• 물류거점간 화물운송을 친환경, 에너지 효율적으로 무인자동운송하기 위한 운송 시스템 및 관련기술로서 탄소발생량 절감 목표로 개발됨 • 2009년 저탄소 친환경 운송수단 개발을 목적으로 국가 R&D 사업으로 고정경로와 자유경로를 모두 이용할 수 있도록 설계된 자동운송기술로서 2010 년 개념설계 완료	• 거점 내에서는 개별 유닛이 자동으로 이동하고, 거점과 거점 사이에서는 Tractor를 이용해 철 도처럼 하나로 편성되어 이동 가능 이동 후에는 주차 위치로 자동으로 이동 • 주차 Zone 에는 무선충전 시스템을 통해 개별 유닛과 Tractor 를 충전 • 부산항 내에서 적용을 고려하였으나, 개발단계에서는 AGV 대차비용, 항만내 자동화 시스템과의 연동 등 기술적·경제적 문제 때문에 본 사업 추진이 무산됨
선형 전동기 구동	ACTTube 	• 고정경로(파이프라인 활용 Tube 시스템) • 무인자동	• 2009년 “튜브운송시스템용 구조기술개발 전략수립 기획연구”를 (재)포항산업과학연구원(RIST) 과 한국철도기술연구원의 공동 연구로 시작 • 2010년 “화물용 튜브운송시스템 사업전략 기획 연구”를 진행 • 현재까지는 개념설계 단계임	• 독일 CargoCap과 유사한 형태를 가지며, 도심지하 공간에 건설된 터널을 통해 팔레트 화물을 문전수송(door to door transport) 할 수 있는 일종의 화물운송용 PRT(Personal Rapid Transit)를 개발할 목적으로 고안 • 간선수송에 적용할 때 막대한 재원이 투자되어 야 하므로 주요수요 구간을 중심으로 단거리 설비를 중점적으로 고려 • 무선 네트워크를 통해 중앙통제, 위치파악, 실 시간 제어가 가능하며, RFID PAD를 부착한 팔렛트(T11) 단위로 자동 상・하역이 가능하도록 설계
	AUTOCON 	• 고정경로 (레일방식) • 무인자동에 화차회전방식	• 2009년 AutoCon은 선로 밑에 설치된 선형 유도전동기(LIM)를 이용하여 구동함으로써 기관차(locomotive)와 차량기지(depot)가 필요없는 무인자동 수송시스템 개념 • 선형유도전동기를 이용한 무정차 루프형태의 컨테이너 운송기술로서 2010년 개념설계를 완료 • 한국교통연구원이 주도로 개발되었으며, 연구단 사업 진행 중	• AutoCon의 적재하중이 기존 컨테이너수송열차의 1/3 정도로 고속도로 주변이나 철도 주변의 유휴지를 활용한 간편한 건설과 건설비용 저감 아코디언식 기계적 원리로만 무정차 저속 운행 시켜 하역구간 내 가감속을 위한 추가적인 전기조작을 배제함으로써 기존 선형 전동기 구동방식 대비 1/10 수준의 전력만 요구됨 • 2013년 12월 “회전정렬 철도시스템 및 열차의 회전정렬 방법”이라는 명칭으로 특허출원



<국내외 자동화물운송시스템 기술 개발 방향>

○ 국외의 자동화물운송시스템 기술의 특징을 운송수단 관점, 자동화 관점, 공간적 관점, 에너지 관점, 화물 형태적 관점에서 정리하면 다음과 같음

① 운송수단관점에서는 지역특성을 고려한 order-made 기술이 주를 이루고 있음. 철도와 같은 전용 노선을 활용하거나 건설비 절감을 위하여 모노레일 방식도 고려되고 있음. 특히 수단 간 연계를 위한 인터모달 기술개발이 주류를 이루고 있음

② 자동화 관점에서는 향후 무인자동화를 통해 인력과 비용을 절감하고자 하는 기술적 지향점이 뚜렷이 나타나고 있음

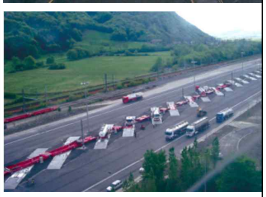
③ 공간적 관점에서는 화물운송을 기존 도로교통 흐름과 분리하기 위해 고가화 하려는 노력이 꾸준히 시도되고 있음

④ 에너지 관점에서는 환경적 측면을 고려하여 전기를 동력으로 이용하는 경우가 대부분임. 특히 실용화에 근접한 FSS, ECCO 시스템 등은 선형모터를 활용하고 있음. 선형모터(LIM) 방식에 의한 구동방식이 많이 시도되고 있으나 높은 초기 투자비용 때문에 기술개발은 시범운행 수준에 머무르고 있는 실정임

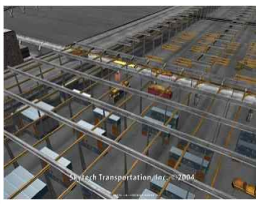
⑤ 지역적으로는 미국, 독일, 네덜란드, 일본 등지에서 활발히 진행 중임

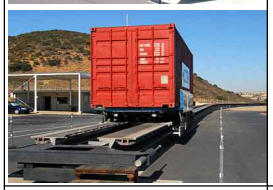
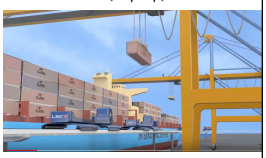
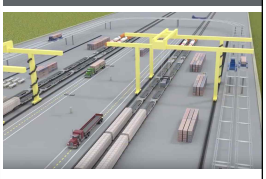
○ 국외의 자동화물운송시스템 중 개발진도가 가장 앞선 기술로 평가되는 미국의 FSS(Freight Shuttle System)는 직선주로 100m 구간에 대한 테스트베드 구축을 마치고 시범운행 중에 있음

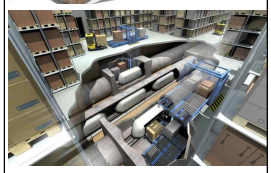
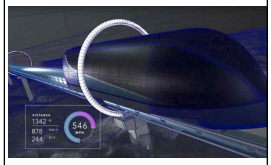
<국외 자동화물운송시스템 기술 현황>

구동장치 구분	시스템	운송/제어 방식	개요	기술 특징
회전형 전동기 구동	CargoRail Tram (미국) 	• 고정/자유경로 • 연료전지/CNG 하이브리드 구동 • 무인자동/유인 제어	• 2007년 도로의 극심한 정체를 해결하기 위하여 미국의 MegaRail 社에서 컨테이너 수송 고무차륜차량(시제품) 개발 • 회전형 전동기를 이용하여 구동되며, 전용 선로에서는 연료전지에 의한 전기, 일반도로에서는 CNG 와 같은 무공해 연료를 사용하여 이동하는 Hybrid 시스템 • 타당성 검토 완료 및 적용방안 검토 중	• 친환경성을 고려하여 연료 사용과 탄소배출을 저감하기 위한 기술로 개발되었으며 동시에 대용량 화물처리가 가능하도록 설계 • Tram들이 리드카에 연결되어 운송되며 표준화 된 컨테이너의 사용으로 운송효율이 증대되면서, 한번에 1~6개의 컨테이너 운반이 가능함 • 전용도로에서는 시간당 5,000개, 일반도로 및 고속도로에서는 일일 70,000 개 정도의 컨테이너 처리 능력 • 전용도로 이용 시 여객용은 195km까지, 화물용은 120km까지 운행 가능
	Modalohr (프랑스)  	• 고정경로(레일 방식) • 유인제어이며, 화차회전방식	• 프랑스 Lohr 그룹에서 개발한 시스템으로 화차를 회전시켜 트레일러를 화차에 이적재하는 시스템 • 프랑스와 이탈리아, 룩셈부르크를 연결하는 구간에서 상업 운행 • 2007년 프랑스 Luxembourg 와 south-west를 연결하는 상업 노선 개통, 해당 노선은 프랑스에서 가장 긴 (1,050km) 화물급행 철도임 • GATE 운영상황실에서 트레일러 축중량을 점검하고 출입을 허가하며 계측소와 트레일러 보관장소를 거쳐 상하차작업 실시	• 350m 구간의 터미널에 5 ~ 6명의 전문운영요원을 배치하고 있으며 30량을 1편성으로 편성하여 운송함 • 이송차량에 회전시스템이나 실린더가 불필요하며 유지보수 용이 • 최소 300km 이상의 거리에서 도로와 경쟁 시 효과가 있으며, 전용 터미널 구간에서만 상하역이 가능함 • 시스템 적재 후 트레일러를 분리하고 나서부터는 유인자동운송시스템으로 운영하며, 1개 화물 적재 시 상차시간은 약 4분 정도 소요됨
	UCM(Underground Container Mover) (벨기에)	• 고정경로 (파이프라인) • 무인자동 방식	• 벨기에 앤트워프항내 발생 물동량을 처리하기 위한 지하 물류시스템 • 11천 TEU/일 처리 가능, 컨테이너 취급	• 신규 항만으로부터 기존 마샬링 야드와 강 반대편에 위치한 내륙수로 허브터미널로 40피트 컨테이너를 운반할 수 있는 지하물류시스템을 설

			• 굴착 작업 비용이 과다하여 도입 여부 논란 중	계 및 제안 • 20개 이상의 컴퓨터가 제어하는 수직통로를 통해 컨테이너를 부두로부터 22m~28m 아래 위치한 지하의 컨베이어벨트로 이송한 뒤 저속 컨베이어벨트(시속 7km)로 컨테이너 하역과정에서도 정지하지 않은 채 운송이 가능
	CombiRoad (네덜란드)  	• 고정/자유경로 • 무인자동/유인제어 방식	• CombiRoad는 각 컨테이너를 세미트레일러에 적재한 뒤 고무 바퀴가 장착된 전동 AGV로 견인하는 형태의 무인자동 내륙수송시스템 • 네덜란드 국립연구소(TNO), 네덜란드 CTT와 민간기업들이 공동 출자한 ICES Combi-Road 프로젝트를 통해서 개발 • 시험운행을 거쳤으나 전용도로 건설에 막대한 비용이 소요되고, 일반차량의 심리적 불안감 유발 등의 문제로 현재는 운행되지 않고 있음	• AGV를 이용한 Combi-Road 시스템은 고정경로와 자유경로를 모두 이용하는 대표적인 사례임 • 고무차륜방식(AGV)에 회전형 전동기로 구동 • Combi-Road 차량의 최소 운행간격은 12초, 180m이며, 5대/분의 비율로 하루 24 시간, 연간 360일 기준으로 최대 단일방향 운송능력이 260만 TEU 라고 보고됨
	OLS-ASH Project (네덜란드) 	• 고정경로 (파이프라인) • 무인자동 방식	• OLS-ASH는 네덜란드 내에서도 가장 물동량이 많은 ASH 지역의 화훼물류 지원을 목적으로 개발됨 • Alsmeer-Schiphol-Hoofddorp 간을 잇는 지하물류시스템 • 컨베이어 벨트 운송, 회전형 전동기로 구동 • 현재는 예산상의 문제로 OLS 프로젝트가 중단된 상태	• OLS-ASH 지역의 지하 화훼물류 시스템에 Spykstaal Vehicle, Lödige Vehicle, DTM Vehicle 을 고려하였음 • 운송방식은 프로토타입으로 컨베이어 벨트가 선택되었으며, 구동방식은 회전형 전동기임 • 현재 개발단계는 네덜란드에서 추진되고 있는 OLS 프로젝트 중 가장 첫 번째로 구축 및 시범운영이 진행되었으나, 현재는 중단된 상태임
	Flexiwaggon (스웨덴) 	• 고정경로(레일방식) • 유인제어이며, 화차회전방식	• AB 社에서 개발 중인 시스템으로, Modalohr 와 유사하게 화차의 일부분이 회전하여 트럭 자체를 이·적재하는 방식으로, 화차는 앞부분의 대차와 가이드를 따라 분리되며, 뒷부분의 화차를 축으로 회전하도록 되어 있는 시스템	• 화차에는 유압구동식 가이드, 가이드 받침용 유압 받침대, 화차 회전축 그리고 트럭진입을 위한 가이드 유동장치로 구성됨 • 컨테이너 화물트럭 자체를 이동시킬 수 있을 뿐만 아니라, 버스, 승용차까지 운반 가능하며, 최고 160km/h 주행할 수 있음

			• 유럽, 캐나다, 미국과 같이 철도를 이용하여 장거리 운송을 하는 나라와 도로 인프라가 충분하지 않은 나라에 적합한 시스템으로 여겨지며, 시장을 개척하기 위하여 노력하고 있는 중	• 각 화차 및 화물을 이적재하는데 약 7분의 시간이 소요되며, 장소에 구애 받지 않고 이적재할 수 있음
	ACT(Automated Container Transporter) (인도네시아)  	• 고정경로 (모노레일) • 무인운전 방식	• 인도네시아 Adhi Karya 라는 공기업에서 개발한 시스템으로써 컨테이너 화물운송을 위한 모노레일 방식 시스템 • Tanjung Perak 항과 Teluk Lamong 항 간의 높은 물동량으로 인해 발생하는 도로의 지·정체를 해소하기 위한 목적으로 개발 • 개념설계 단계에서 사업 중단	• 고무바퀴를 이용한 복선의 모노레일 형태이며, 동력은 회전형 전동기를 사용함 • 모노레일 형태로써 시스템의 중량이 상대적으로 작기 때문에 구축비용이 낮고, 높은 높이로 올려서 이동하기 때문에 주변 도로 및 철도 인프라와 지형의 영향에서 비교적 자유로움 • 인도네시아 정부에서는 향후 해당 시스템을 확장하여 국내 원자재 물동량 의 70%를 해당 시스템으로 처리 기대
선형 전동기 구동	SkyTech Transportation (미국)  	• 고정경로(모노레일 방식) • 선형유도전동기(LIM)을 적용한 추진 방식 • 무인자동 방식	• 고가 궤도에 설치된 LIM(Linear Induction Motor, 선형유도전동기) 방식의 Vehicle을 이용하여 화물용 컨테이너를 선박에서 터미널이나 하차장까지 자동으로 운송하기 위한 시스템 • 시험사업(테스트) 진행 중	• 운송방식 및 구동방식은 고가 궤도 LIM Vehicle 방식임 • 단일 트랙에서 하루에 8,000개의 컨테이너 운송이 가능하며, 6개의 트랙을 이용하면 하루에 48,000개의 컨테이너 운송 용량을 갖출 수 있음 • 터미널이나 하차장에서의 고가 궤도는 자동화된 격자 구조의 시스템으로써, 터미널 내에 차도가 필요 없으므로 컨테이너 적재 면적 확보에 유리함 • LA의 Long Beach 항의 한진 터미널에 데모시설이 구축되어 있음
	FSS (Freight Shuttle System) (미국)  	• 고정경로(모노레일 방식) • 선형유도전동기(LIM)를 적용한 추진 방식 • 무인자동이며, 화차회전방식	• Texas Transportation Institute에서 개발한 컨테이너 화물 운송 전용 기술 • 미국의 자동화물운송 시스템 중 개발 진도가 가장 앞선 기술로 평가 • 2010년 비즈니스 모델 구축 → 현재 실물 크기의 프로토타입 개발 완료 • FSS는 트럭과 철도의	• 양방향 Shuttle 시스템은 선형유도전동기(LIM)의 Primary는 차량에 장착되며, 알루미늄-스틸 플레이트는 궤도에 설치되는 기술로, 이 기술을 이용한 궤도를 따라서 30 ~ 70mph의 속도로 한 번에 한 개의 컨테이너 운송이 가능함 • 가이드를 위한 스틸 휠 구조를 가지며, 부상시스템은 포함되지 않고, 100

			우수한 특징을 통합한 새로운 형태의 하이브리드 시스템 • FSS는 Lo/Lo(Lift-on/Lift-off)방식으로 컨테이너만 적재한 뒤 운송하기도 하고, 컨테이너를 트레일러에 적재한 상태로 운송 가능 • 시험사업(테스트) 진행 중	km/h로 주행하며 트럭에 직접 적재가 가능함 • 2010년 FSS 시스템 개념을 대상으로 특허 출원을 시작하였으며, 다수 특허 등록에 관한 상을 받을 만큼 관련 기술을 활발하게 개발 및 특허 출원하고 있음
	ECCO System (Electronic Cargo Conveyor System) (미국)   	• 고정경로 방식 • 선형동기전동기(LSM)을 적용한 자기부상 추진 방식 • 무인자동 방식	• 미국의 General Atomics 社에서 개발하고 있는 ECCO(Electric Cargo COnveyor) System은 컨테이너를 조용하고 효과적으로 움직일 수 있는 환경 친화적 시스템 • 2004년 샌디에이고 (400ft, 121.92m) 시험선로 개발 완료 • 시험사업 진행 중 정치적 문제로 중단됨	• EECO는 미국의 General Atomics에서 개별 운행방식으로 프로토 타입을 개발하였음 • Halbach배열의 영구자석형 자기부상시스템과 권선형 선형동기전동기(LSM) 추진 방식을 사용 • 최근 Los Angeles 항과 Intermodal 시설간의 5마일 시범사업을 통해 하루 5,000 개의 컨테이너를 처리할 수 있는 시스템의 가능성 검증
	Container Freight (미국)   	• 고정경로 방식 • 선형동기전동기(LSM)를 적용한 자기부상 추진 방식 • 무인자동 방식	• 영구자석을 이용한 반발식 자기부상시스템을 개발하고 있는 LEVX 社에서 제안한 시스템으로, 자기 서스펜션 전용 노선 및 차량을 이용하여 중량화물을 이동시키는 시스템 • 시험사업(테스트) 진행 중	• 선형유도전동기(LIM)를 변형한 Linear Drive 시스템(특허를 보유하고 있음)을 이용하여, 마찰 없이 이동 및 방향 전환, 제동 가능 • 자기부상열차와 비슷한 방법으로 별도의 전원없이 자력의 반발력을 이용하여 레일 위로 중량화물을 마찰 없이 이동시킬 수 있는 자기 서스펜스 방식의 부상시스템을 갖춤 • 향후 Port Angeles의 공간부족 문제 해결과 물동량 처리를 위하여 적용을 검토하고 있으며, Port Angeles 에서 Full scale로 테스트 진행 중임
	TubeXpress (SUBTRANS) (미국)	• 고정경로/파이프 라인 방식 • 선형유도전동기(LIM)을 적용한 추진 방식 • 무인자동 방식	• TubeXpress는 지하 튜브 라인을 이용한 컨테이너 자동운송 시스템 • 파이프라인에 맞도록 설계된 캡슐 자체나	• 지하 튜브라인은 통상적으로 콘크리트 파이프라인 으로 구축되며 직경 2m 튜브 내에 만들어진 철로를 따라 설치된 선형유도전동기(LIM)에 의

	 	으로 화물 단위 수송용	캡슐을 운반하는 철도에 화물을 실은 뒤 물류거점 간에 화물을 운반하는 시스템 • 시험사업(타당성 검토) 진행 중	해 구동되며, 가이드 휠을 갖춘 시스템임 • 아직 뚜렷한 적용대상지역은 선정되지 않은 것 으로 조사되었음
	CargoCap (독일)   	• 고정경로/파이프 라인 방식 • 회전형 견인전동기를 적용한 휠-레일 방식과 선형유도전동기(LIM)을 적용한 추진방식이 가능함 • 무인자동 방식으로 화물 단위 수송용	• 독일의 교통 혼잡과 이로 인한 막대한 사회비용을 줄이는 것을 목적으로 Ruhr University of Bochum에서 24시간 무인 자동수송 시스템 개념을 개발하였으며, CargoCap은 독일의 CARGOCAP사에서 팔레트 적재를 목적으로 개념을 구체화한 자동운송차량 시스템임 • 150km 반경지역 내 운송을 목표로 설계되고 있으며, DC500V의 전기로 구동하고 중앙조정실에서 무인자동 제어하는 화물운송용 캡슐시스템 • 시험사업(테스트) 진행 중	• CargoCAP은 최대 40㎞/h, 평소 36㎞/h로 주행하며, 튜브형태로 캡슐과 튜브 방식을 사용하며, 회전형 전동기를 이용한 휠-레일 추진방식이나 선형유도전동(LIM) 추진방식의 적용이 가능함 • 2006년에 지상모델 실험을 완료하였으며, 유럽 표준파렛트(T12) 2개를 적재할 수 있는 캡(Cap)이라고 불리는 반송차들을 연결하여 제어하는 시험운행이 진행 중임 • 주요 취급 대상화물은 포장 화물로, 발달된 경제구조와 높은 인구밀도를 가진 지역에 고속으로 화물을 운송하기에 적합하며 대표적으로 음식, 소비재, 생산부품 등
	Hyperloop  	• 고정경로/파이프 라인 방식 • 선형유도전동기 (LIM)또는 선형동기전동기(LSM)을 적용한 추진방식과 별도의 자기부상방식을 적용한 시스템 • 무인자동 방식으로 컨테이너 단위 수송용	• 2013년 8월에 엘런 머스크(테슬라 CEO)가 진공 튜브 안에서 캡슐 형태의 고속열차가 사람이나 물건을 실어 나르는 시스템인 Hyperloop를 제시한 이후 여러 회사들이 하이퍼루프 개발에 뛰어듬 • Hyperloop는 진공 튜브를 이용해 사람이나 화물을 실은 운송수단을 시속 1000km/h 이상의 수준으로 이동시킬수 있는 자동운송시스템 • 미국의 Hyperloop One과 HTT(Hyperloop Transportation Tech.) 두 회사에서 실용화 프로젝트를 진행 중	• 미국은 Hyperloop 기술개발을 위하여 The SpaceX Hyperloop Pod Competition을 매년 개최하고 있으며, 이 대회를 통하여 Hyperloop 관련 기술 개발을 주도하고 있음 • Hyperloop 시스템의 주요 구동기술은 선형유도전동기 (LIM)또는 선형동기전동기(LSM)을 적용하는 추진방식과 별도의 자기부상방식을 적용하는 방식으로 개발이 진행되고 있음 • 2017년 1월에 MIT의 Hyperloop 개발팀에서 최초의 저진공 상태에서의 Pod 주행성능시험 수행

다. 네트워크 기반 통합 제어시스템 기술

○ 국내에서는 해운·항만 물류의 통합관리정보 시스템 (Yes! U-Port : Your future E-business Safe voyage Your Future-Port) 사업을 추진중임. 이는 국내 해운항만 정보시스템을 통합하고 유비쿼터스 개념을 도입하여 종합적인 IT Port 네트워크를 실현하기 위한 시스템임



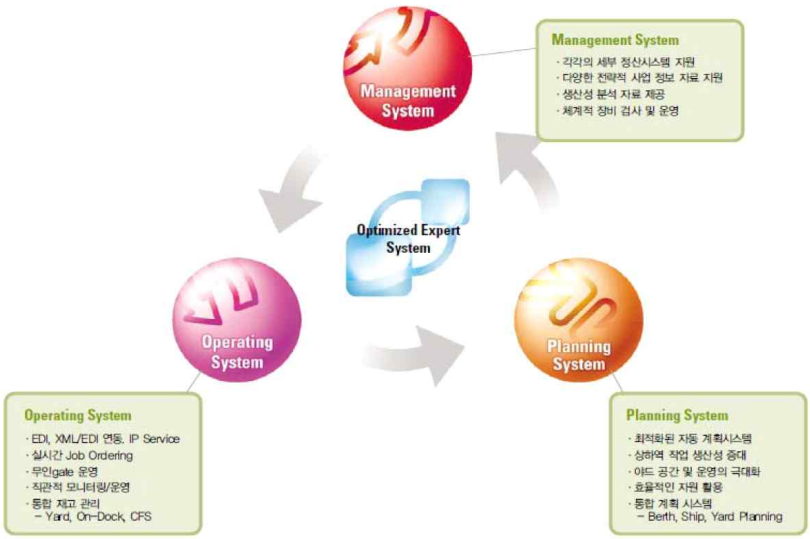
<Yes! U-Port의 구성>

○ Yes! U-Port의 화물관리 영역의컨테이너터미널 운영정보시스템 (ATOMS: Advanced Terminal Operation & Management System)은 컨테이너 터미널의 생산성과 효율성을 극대화하기 위해 터미널의 모든 생산 활동을 Planning, Allocating, Scheduling, Controlling, Monitoring하는 최상의 통합 정보시스템임

○ ATOMS는 시스템의 실사용자인 터미널의 다양한 요구사항을 충분히 만족시킬 수 있도록, 지식기반 전문가 시스템, 3-Tier 구조의 C/S 환경 및 최적화 알고리즘 등 최신 기술을 적용하여 설계되었음

○ ATOMS는 계획, 운영, 관리 시스템으로 구성되며, 계획 시스템은 선적 계획, 본선 계획, 야드 계획 시스템 그리고 본선과 야드의 구조를 정의할 수 있는 Configuration으로 구성되고 운영 시스템은 실시간 운영을 담당하는 C/S 환경의 Gate, 야드, 본선 등의 운영시스템과 모니터링 컨트롤 시스템, EDI / IP 서비스로 구성되며 관리 시스템은 정산, 통계 분석 그리고 장비 관리로 구성됨

○ ATOMS는 계획, 운영, 관리 시스템은 메인 DB 서버를 중심으로 서로 연계되어 각 역할을 수행하게 됨. 3-Tier 구조의 운영제어시스템은 Application 서버에 위치하며 모니터링 컨트롤 시스템, 클라이언트로 구성되며 EDI 시스템을 통해서 여러 가지 정보를 외부와 송수신하게 됨



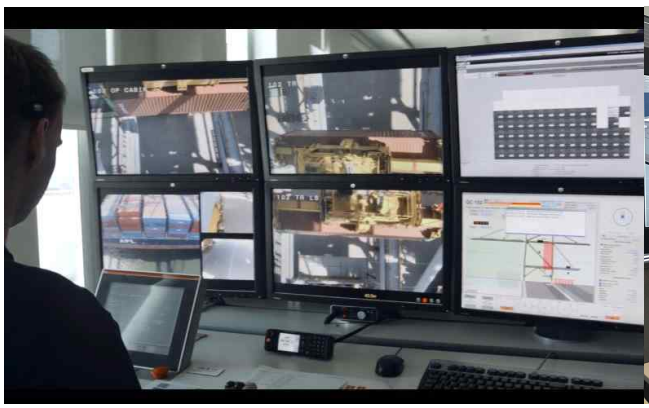
<ATOMS의 구성>

○ 국외에서는 2015년 네덜란드 로테르담항, 2016년 미국의 롱비치항에 이어 중국은 2017년 5월 아시아 최초로 칭다오항에 완전무인자동화 컨테이너터미널(FACT : Fully Automated Container Terminal)을 개장

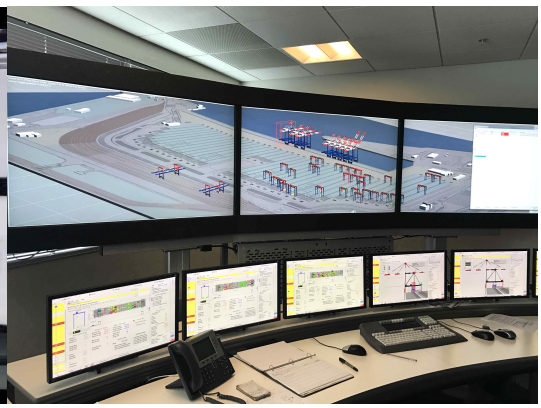
○ FACT는 컨테이너 하역과 이동을 기계 스스로 수행하는 로보틱 항만으로 4차 산업혁명이 실현되는 대표적 물류시설로서 인공지능을 기반으로 항만 내 모든 하역·이동장비들이 완전 무인으로 운영되는 상황을 고려하여 설계됨

○ FACT는 로보틱스와 지능화된 컴퓨터가 운영하기 때문에 사람이 운전하는 것보다 안전하고, 저렴하고, 효율적으로 운영 가능함

○ 4차 산업혁명에 대한 관심과 함께, 세계적인 GTO(Global Terminal Operator)인 DPW(Dubai Port World)에서는 항만물류분야에서 혁신적인 ICT 도입을 통해 현 저성장 상황을 극복해야 한다고 하였음



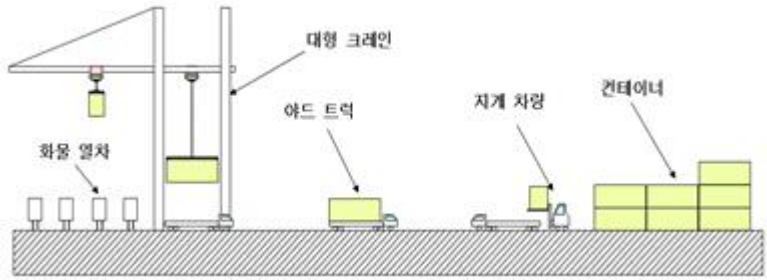
<중앙통제실 원격제어>



<중앙통제센터(LBCT)>

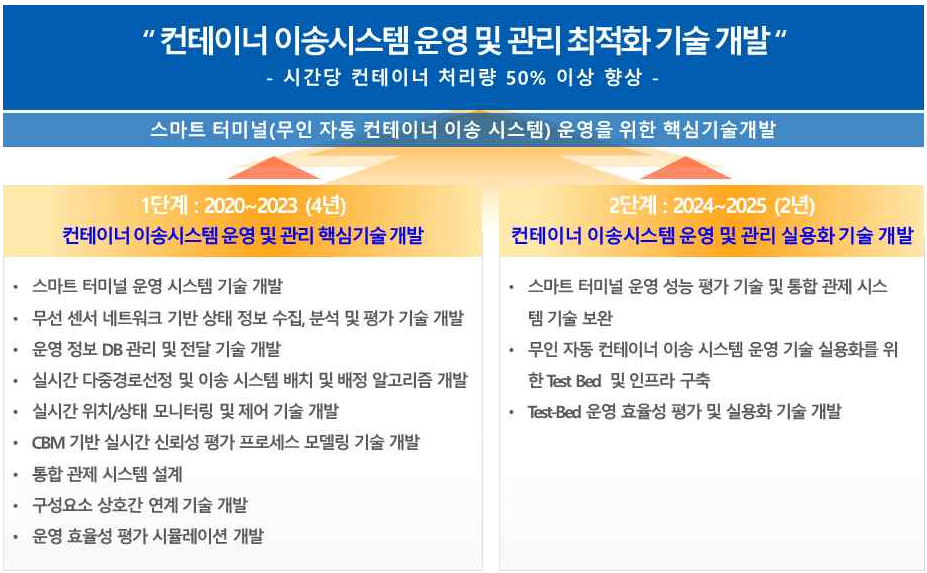
Ⅳ. 연구개발과제 구성 및 추진전략

1. 물류 운영 최적화 기술 분야

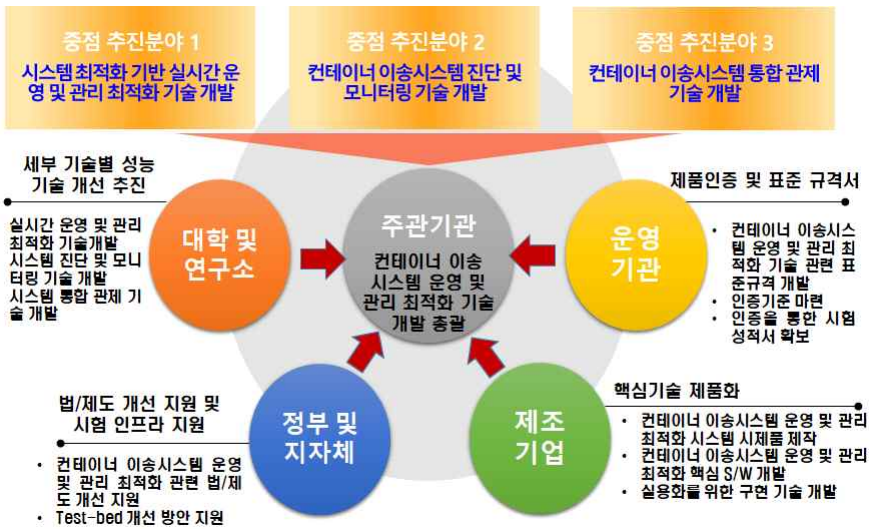
현황 (As-Is)	○ 항만 및 배후단지, 내륙컨테이너기지(ICD), 철도 CY 등 물류 거점 단지 내 운송 및 하역 작업 설비(크레인, 리치 스테커, 포크리프트, 야드 트랙터 등)가 복잡하게 얽혀있어 혼잡도가 상승하고 있으며, 많은 인력의 수작업으로 진행되어 효율성이 저하되고 물류비가 상승하는 등 크고 작은 문제가 지속적으로 야기되고 있음 - 운송 및 하역 과정의 **단순화 및 무인 자동 컨테이너 이송 운송 기술 개발**이 필요 - 해외 선진국에서는 운영비용을 획기적으로 절감할 수 있고, 정시성이나 안전성을 확보할 수 있는 새로운 개념의 친환경 무인 자동 화물 운송체계를 개발 중에 있음  〈기존의 환적 시스템〉  〈기존 내륙물류기지에서의 트럭을 이용한 컨테이너 이송시스템〉 ○ 교통물류연구사업의 중장기 추진방향 - 단절없는 물류교통(Logi Mobility)분야는 수송·하역·보관·포장 등 물류분야 프로세스 개선 및 물류에너지 감소 등을 통한 물류비용 최소화 기술 개발을 목표로 하고 있음 : **수송 시스템 혁신 및 물류비용 절감** 기술 개발

	: **화물 처리 속도의 2배 이상 향상**을 위한 물류시설 및 장비 성능 향상 기술 개발 : 기존의 3D 작업 환경의 안전·쾌적한 변화를 위한 인간 중심적 **물류 작업 환경 개선** 기술 개발 ㅇ 국내에서는 도로, 항공, 철도 등 다양한 분야에서 시스템의 운행 현황 (객체의 위치, 속도, 상태 등)을 파악하기 위한 **모니터링 위주의 관제 센터가 구축**되어 운영되고 있음 - 최근에는 시스템의 상태 검지를 통한 진단 및 유지보수 지원, 원격 제어 등으로 **운영 최적화 기술 영역**이 확대되고 있음 - 무인 자동 화물운송 체계를 현실화하기 위한 IoT기반 응용기술과 관제센터에서 다양한 의사결정에 기초하여 무인 자동화를 뒷받침하기 위한 **네트워크기반 운영관리 모델** 기술이 필요
	⇩
주요 연구 내용	ㅇ 시스템 최적화 기반 실시간 운영 및 관리 최적화 기술 개발 • 운영 정보 DB관리 및 전달기술 • 센서 기반 다양한 상태 정보 수집, 분석 및 평가 기술 • 효율적인 이송시스템 운영을 위한 스마트 터미널 운영 시스템(STOS) 기술 • 실시간 다중경로 생성 및 최적경로 선정기술, 이송시스템 배치·배정 알고리즘 • 운송 컨테이너 물류정보와 연계한 시스템 제어 기술 ㅇ 컨테이너 이송 시스템 진단 및 모니터링 기술 개발 • IoT, 인공지능, 빅테이터 등 지능 정보 활용 기술 • 이송 시스템-통합 관제간 신호 및 제어명령 전달 기술 • 실시간 위치/상태 모니터링 및 제어 기술 • CBM 기반 실시간 신뢰성 평가 프로세스 모델링 기술 • 이송시스템 운용/유지보수 최적화 기술 • 이송시스템 운영 리스크 평가 기술 ㅇ 컨테이너 이송시스템 통합 관제 기술 • 센터기능 및 이송 시스템 요구사항 도출 • 이송 시스템의 상태 및 차량의 위치 정보, 전력 감시 등 다양한 정보의 최적화를 바탕으로 종합적인 운영 효율화 향상을 위한 복합 관제 시스템 구축 : 인프라, 이송체, 급전 및 운영 시스템 등 구성 요소 상호간 연계 기술 : 이송 시스템 운영 효율성 평가 시뮬레이션 시스템 개발 : 이송 시스템 주요부 이상 시 경고 기술 개발 : 정밀 제어 및 원격 조정 기술
	⇩
미래상 (To-Be)	ㅇ 컨테이너 이송시스템 **운영 및 관리 최적화 기술** 개발 - 기존대비 **시간당 컨테이너 처리량 50% 이상 향상**

	- 복잡한 운송 및 하역 작업 설비(크레인, 리치 스테커, 포크리프트, 야드 트랙터 등)의 단순화를 통한 **터미널 혼잡도 및 위험도 감소** - 무인 자동 컨테이너 이송 시스템 구축으로 **물류 효율성 제고 및 친환경 수송 수단이용의 활성화** - 첨단 IT와 네트워크 기술을 적용한 스**마트 터미널 운영 시스템 기술** 개발을 통한 운영 효율 향상 - 컨테이너 이송 시스템의 **실시간 모니터링 및 사전 사고 위험 예측을 통한 신뢰성 및 안전성 향상** - 선진국 주도의 스마트 터미널 구축 기술의 종속에서 탈피하고 **독자적 기술 확보 및 Biz 모델 개발**



<컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발 과제 구성>



<컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발 추진 전략>

2. 컨테이너 이송시스템 추진시스템 기술 분야

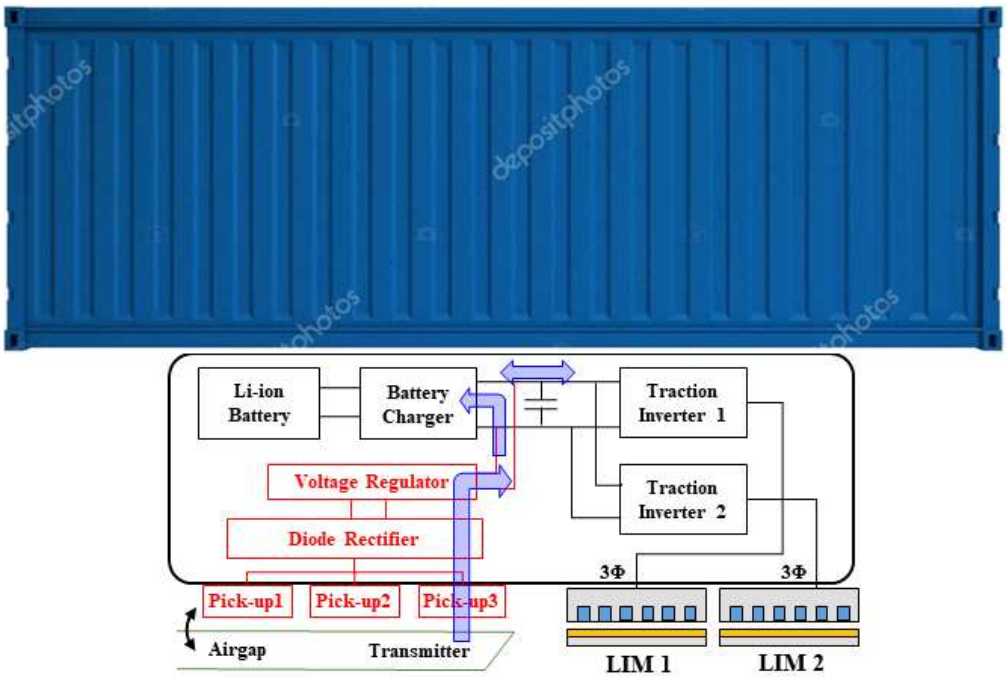
현황 (As-Is)	ㅇ 국내 자동화물운송시스템별 상용화 단계를 살펴보면, 국내 신개념 철도 자동운송시스템 중 인원 수송용 운송시스템인 부산 반송선, 스카이큐브(PRT)는 무인 자동화 방식으로 운영되고 있음 - 자동화물운송시스템 기술인 AutoCon은 개념 설계를 완료하고, 지하화를 위한 기술적 검토도 이루어진 바 있으며, 최근 축소규모의 시연모형을 개발하는 본격 기술개발단계에 접어들었음 - 한국형 ATS는 기획연구 단계를 완료하였으나, 타당성 문제로 본 사업으로 이어지지는 못하였음 ㅇ 기존 내륙물류기지 및 배후단지에서의 컨테이너 이송시스템(화석연료를 이용하는 트럭)은 체계적으로나 성능적으로나 한계성을 보이고 있음 - 기존 컨테이너 이송시스템의 표정속도 20km/h 이하 수준
⇩	
주요 연구 내용	ㅇ 컨테이너 이송시스템 추진용 180kW급 선형유도전동기 기술 개발 • 선행기술 검토 및 분석 연구 • 부하조건에 따른 용량 산정 연구 • 핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구 • 기초 및 상세 설계 연구 • 효율 향상 연구 • 출력밀도 향상 연구 • 최적 설계 연구 • 선형유도전동기 냉각 기구 설계 기술 연구 • 180kW급 선형유도전동기 시작품 제작 및 성능 검증 ㅇ 컨테이너 이송시스템 추진용 270kVA급 경량화된 제어기 기술 개발 • 선행기술 검토 및 분석 연구 • 핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구 • 제어 알고리즘 개발 • 고정밀 제어기법 개발 • 인버터 효율 향상 연구 • 인버터 냉각 구조 설계 기술 연구 • 전력변환 모듈/제어기 경량 모듈화 설계 기술 개발 • 전력변환 모듈/제어기 시작품 제작 및 최적화 • 270kVA급 전력변환 모듈/제어기 시작품 성능검증 ㅇ 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 검증을 위한 성능 평가기술 개발 • 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 구성품별 안정성 시험 및 신뢰성 시험방안 도출 연구 • 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 구성품별 단품성능 시험 • 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 조합시험 및 평가 • 시작품의 모의 간이 주행성능시험 • 수정 보완 및 재시험을 통한 성능 목표 검증

⇩

미래상
(To-Be)

ㅇ 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술개발

- 컨테이너의 이송 및 환적이 하나의 견인전동기 기반 시스템으로 설계됨에 따라 시간적·물리적 비용이 크게 감소
  ☞ 이송속도 50% 향상 목표
- 기존 내연기관 기반의 트럭시스템 대비 경량화된 컨테이너 이송시스템 구축 가능
- 전기에너지 중심의 친환경 이송시스템 설계를 바탕으로 저탄소 교통물류체계 구축 및 녹색 교통수단으로의 전환 기대
- 전기제어 시스템 기반의 친환경 물류 시스템 구축을 통한 온실가스 배출 및 에너지 저감
- 공정시간 단축에 따른 운영 효율 향상
- 성능평가기술 적용을 바탕으로 인적 오류 감소를 통한 컨테이너 이송시스템 운영 효율 향상 기대
- 신뢰성을 확보한 성능평가기술 적용을 통한 컨테이너 이송시스템 관련 사고율 및 고장률 감소 기대



〈내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 개요〉



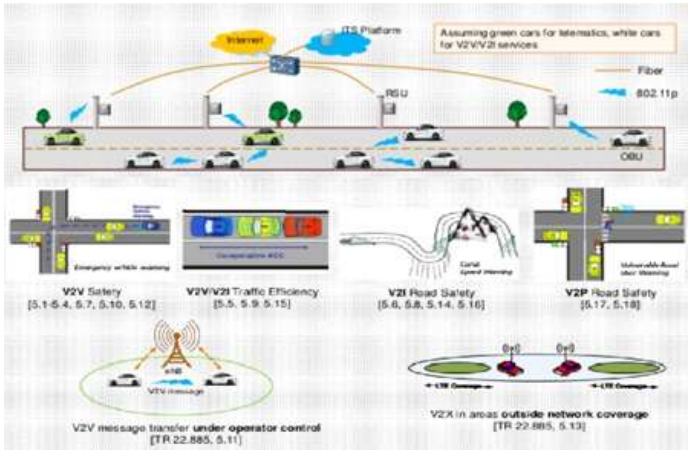
<컨테이너 이송시스템용 고효율 추진시스템 개발 과제 구성>



<내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술개발 추진전략>

3. 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 분야

현황 (As-Is)	○ 기존 이송차량의 위치 인식 및 이송차량 간 충돌방지 시스템은 시스템 운영자의 능력에 크게 의존하기 때문에 성능의 한계성을 보이고 있음 ○ V2X통신을 실현하기 위해 ITS, WAVE, LTE 등 다양한 통신 프로토콜이 고려되었으며 관련 보안기술들이 제안되었음 - 실용화를 위한 경제적 측면에서의 타당성 확보가 시급 - 특히, 철도분야에서는 railroad 특성을 고려한 V2X 통신시스템의 구축이 더욱 미비

<table>
<tr><td></td><td> 

<기존 도로교통 V2X 통신 시스템 구성도></td></tr>
<tr><td></td><td>⇩</td></tr>
<tr><td>주요
연구
내용</td><td>ㅇ 센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술 개발
• 선행기술 검토 및 분석 연구
• 핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구
• 단일 센서의 특성 분석 및 위치 인식 기술 연구
• 센서 퓨전 방식 연구
• 이송차량 절대위치 인식 기술 연구
• 컨테이너 상하차 시 위치 인식 기술 연구
• 위치 인식 프로그램 개발 및 성능 검증

ㅇ 이송차량 간 상호 충돌방지 시스템 개발
• 선행기술 검토 및 분석 연구
• 핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구
• 이송차량 상호 거리 인식 알고리즘 개발
• 이송차량 제어 알고리즘 개발
• 이송차량 충돌방지 모듈/제어기 시작품 제작 및 성능검증

ㅇ WAVE 기술기반 컨테이너 이송차량과 통합관제 시스템과의 통신 프로토콜 설계・개발
• 관리 및 통합 제어 시스템 요구사항 도출 및 핵심요소기술 분석
• WAVE 기반 이송차량과 통합 제어 시스템 간 통신 프로토콜 설계
• WAVE 기반 통신 프로토콜의 시뮬레이션을 통한 성능평가 및 최적화
• WAVE 기반 통신 프로토콜 시작품 구현 및 성능평가, 최적화
• WAVE 기반 통신 이송차량 단말 및 제어시스템 S/W모듈 개발

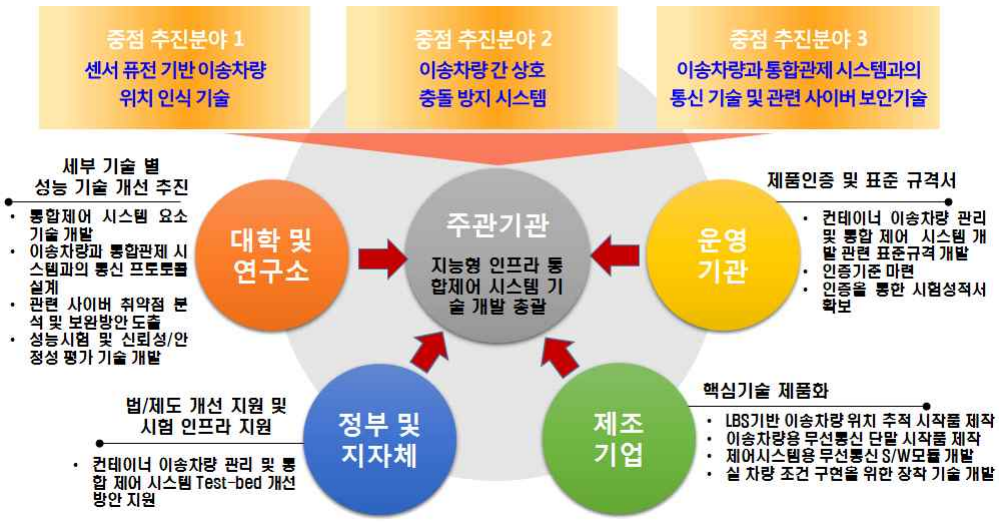
ㅇ 사이버 및 무선 관련 보안 기술 보안 기술 개발
• 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 보안 이슈 및 관련 기술 분석
• 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 보안 취약점 패치 방안 도출

ㅇ LBS기반 이송차량 위치 추적 시스템 기술 연구</td></tr>
</table>

	• RSSI 기반 LBS 기술 연구 및 성능평가 • footprint기반으로 인공지능 기술을 활용한 LBS 기술 연구 ㅇ 컨테이너 이송차량 관리 및 통합제어 시스템 Test-bed 구축 및 실증 시험 • 컨테이너 이송차량 관리 및 통합제어 시스템 종합 실증 시험 • 컨테이너 이송차량 관리 및 통합제어 시스템 Test-bed 설계/구축/운영(안) 도출 • 컨테이너 이송차량 관리 및 통합제어 시스템 관리 기술 적용성 검토
	⇩
미래상 (To-Be)	ㅇ 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발 - 센서 퓨전 기술과 인공지능 기반의 기술을 통한 컨테이너 이송시스템 안정성 향상 기대 - 인적 사고 감소를 통해 컨테이너 이송시스템 운영에 대한 보다 나은 의사결정을 내릴 수 있도록 지원 - 종래 기술과의 차별화된 인공지능 기술과 결합한 통합제어 시스템을 통한 시장 선점 기대 - WAVE 등 무선통신 기술을 기반으로 이송차량의 실시간 모니터링 및 관제시스템과의 정보교환을 위한 시스템 구축. 이를 통해 관제시스템 및 이송차량 관리 효율성 증대 - 네트워크 기반 지능형 통합제어 시스템을 통해 컨테이너 이송속도 50% 향상 - 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 보안성 완비  <내륙물류기지 및 배후물류단지 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템>



<네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발 과제 구성>



<네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술개발 추진 전략>

Ⅴ. 자원투입 계획

1. 전체사업 인력투입계획

총괄 소요인력 (단위 : Man-year)					
구분	1차년	2차년	3차년	4차년	합계
내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너 이송시스템 기술개발	7	13.5	17	16.5	54

2. 세부과제별 인력투입계획

세부과제별 소요인력 (단위 : Man-year)					
구분	1차년	2차년	3차년	4차년	합계
컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발	2	4.25	4.25	6.25	16.75
내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술 개발	4.25	6.25	9	8.5	28
네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발	0.75	3	3.75	1.75	9.25

3. 예산산정

(정부출연금 기준, 단위: 백만원)

세부과제	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발	477	946	1,124	1,032	3,579
인건비	144	306	306	450	1,206
직접비	239	439	620	280	1,578
간접비	94	201	198	302	795

세부과제	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술 개발	637	862	4,230	2,149	7,878
인건비	306	450	648	612	2,016
직접비	124	106	3,200	1,140	4,570
간접비	207	306	382	397	1,292

세부과제	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발	268	777	1,365	518	2,928
인건비	54	216	270	126	666
직접비	180	421	928	312	1,841
간접비	34	140	167	80	421

4. 전체사업 소요 예산

(단위: 백만원)

구분	1차년		2차년		3차년		4차년		합계		총계
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	
내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너 이송시스템 기술개발	1,381	0	2,584	0	6,719	0	3,700	0	14,385	0	14,385

5. 세부과제별 소요 예산

(단위: 백만원)

구분	1차년		2차년		3차년		4차년		합계		총계
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	
컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발	477	0	946	0	1,124	0	1,032	0	3,579	0	3,579
내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술 개발	637	0	862	0	4,230	0	2,149	0	7,878	0	7,878
네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발	268	0	777	0	1,365	0	518	0	2,928	0	2,928
계	1,382	0	2,585	0	6,719	0	3,699	0	14,385	0	14,385

<목차>

제 1 장 기술의 정의 및 기획 필요성 ····· 1

제 1 절 기술의 정의 ····· 1
제 2 절 기획 배경 ····· 3
제 3 절 기획과제 목적 및 추진방향 ····· 7
1. 중점목표 및 추진체계 ····· 7
2. 기획 과제 효과 ····· 8

제 2 장 기술개발 동향 및 환경분석 ····· 10

제 1 절 국내외 정책동향 분석 ····· 10
1. 국내 정책동향 분석 ····· 10
2. 국외 정책동향 분석 ····· 14
제 2 절 국내외 시장동향 분석 ····· 20
1. 무인자동화 터미널 시장 현황 ····· 20
2. 물류 운영 시장 현황 ····· 24
3. 선형전동기 시장 현황 ····· 29
4. 회전형전동기 시장현황 ····· 31
제 3 절 국내외 기술동향 분석 ····· 38
1. 물류 운영 최적화 기술 ····· 38
2. LM기반 컨테이너 이송시스템 기술 ····· 46
3. 네트워크 기반 통합 제어시스템 기술 ····· 78

제 3 장 논문 및 특허 동향 분석 ····· 92

제 1 절 분석 개요 ····· 92
1. 분석 배경 및 목적 ····· 92
2. 분석 범위 및 기준 ····· 92
3. 분석 지표 ····· 99
제 2 절 논문 분석 ····· 101
1. 논문 동향 분석 ····· 101
2. 연구저자/저널 분석 ····· 102
3. 주요 논문 분석 ····· 103
제 3 절 특허 분석 ····· 111
1. 특허 동향 분석 ····· 111
2. 특허 지수 분석 ····· 120
3. 특허 분포도 분석 ····· 123
4. 주요 특허의 평가 및 분석 ····· 124
5. 핵심 특허 분석 ····· 128
제 4 절 소결론 ····· 143
1. 기술개발 추이 ····· 143
2. 주요 연구기관 및 민간 기업 개발동향 ····· 143

제 4 장 기술 수요조사 및 연구과제 선정 ····· 144

제 1 절 기술 수요조사 ····· 144
1. 조사 개요 ····· 144
2. 조사 결과 분석 ····· 146
3. 제안 과제 도출 ····· 151
제 2 절 기술예측 조사 ····· 152
1. 조사 개요 ····· 152
2. 대상 기술 선정 ····· 154
3. 조사 결과 분석 ····· 158
제 3 절 우선 순위 조사 ····· 167
1. 조사 개요 ····· 167
2. 조사 결과 ····· 170
제 4 절 과제 카드 ····· 174

제 5 장 사전타당성 검토 ····· 185

제 1 절 정책적 타당성 ····· 185
1. 국가 전략적 중요성 ····· 185
2. 상위 정책과의 부합성 ····· 186
3. 국토교통 R&D 중장기 4대 전략과의 부합성 ····· 187
제 2 절 기술적 타당성 ····· 188
1. 기술의 중요성 ····· 188
2. 기술개발의 시급성 ····· 189
3. 기술선도 가능성 ····· 190
제 3 절 경제적 타당성 ····· 191
1. 고려 대상지 수요 분석 ····· 191
2. 컨테이너 자동이송시스템용 추진시스템 적용 분석 ····· 194
3. 경제적 타당성 분석 개요 ····· 205
4. 편익 산정 ····· 206
5. 비용 산정 ····· 211
6. 경제성 분석 ····· 213

제 6 장 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 215

제 1 절 비전 및 목표 ····· 215
1. 비전 ····· 215
2. 연구목표 및 세부과제별 목표 ····· 216
제 2 절 세부과제별 주요 내용 및 추진전략 ····· 217
1. 물류 운영 최적화 기술 분야 ····· 217
2. 컨테이너 이송시스템 추진시스템 기술 분야 ····· 229
3. 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 분야 ····· 242
제 3 절 과제별 기술로드맵 및 성과로드맵 ····· 255
1. 물류 운영 최적화 기술 분야 ····· 255
2. 컨테이너 이송시스템 추진시스템 기술 분야 ····· 260
3. 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발 분야 ····· 266

제 7 장 인력투입계획 및 소요예산 산정 ····· 270
제 1 절 연구일정에 따른 인력투입계획 ····· 270
1. 전체사업 인력투입계획 ····· 270
2. 세부과제별 인력투입계획 ····· 270
제 2 절 소요예산 산정 ····· 271
1. 예산산정방법 ····· 271
2. 전체사업 소요예산 ····· 272
3. 세부과제별 소요 예산 ····· 272
4. 세부기술별 소요 예산 ····· 273

제 8 장 과제 제안요구서 ····· 278
제 1 절 과제 제안요구서 ····· 278
제 2 절 평가기준 설정 ····· 299

<표 차례>

<표 1-1> 국가물류비 추이(국제화물 수송비 제외)> ····· 4
<표 2-1> 선형전동기 국내외 시장규모 ····· 30
<표 2-2> 일본에 운행중인 전기철도 차량 및 인버터 특성 ····· 37
<표 2-3> 국내외 자동화물운송시스템별 기술적용 현황 ····· 47
<표 2-4> 국내 자동화물운송시스템 기술 현황 ····· 49
<표 2-5> 선형전동기의 종류별 특성 비교 ····· 50
<표 2-6> 선형전동기의 시장 Needs 별 핵심 요구 기능 ····· 51
<표 2-7> 선형전동기 관련 시장에서의 핵심요구 기능에 대한 주요 요소기술 ····· 51
<표 2-8> 주요 요소기술별 성능 목표 ····· 52
<표 2-9> LIM 추진시스템 적용 용인경전철의 주요사양 ····· 55
<표 2-10> LIM(Linear Induction Motor) 기반 추진시스템 특징 ····· 59
<표 2-11> LSM(Linear Synchronous Motor) 기반 추진시스템 특징 ····· 61
<표 2-12> LPM(Linear Pulse Motor) 기반 추진시스템 특징 ····· 63
<표 2-13> 국내 선형전동기 기반 추진시스템 기술 보유 기관의 현황 ····· 64
<표 2-14> 국내 선형전동기 기반 추진시스템 기술개발 수준의 현황 ····· 65
<표 2-15> 국외 자동화물운송시스템 기술 현황 ····· 66
<표 2-16> 일본과 캐나다의 LIM 추진시스템을 적용한 지하철/경전철 개발 현황 ····· 72
<표 2-17> 선형전동기 적용 다양한 철도차량의 서스펜션, 안내, 구동방식 조합 현황 ····· 77
<표 2-18> 국외 선형전동기 기반 추진시스템 기술 보유 기관 현황 ····· 77
<표 3-1> 특허검색 DB 및 검색범위 ····· 93
<표 3-2> 논문검색 DB 및 검색범위 ····· 93
<표 3-3> 분석대상 기술 ····· 94
<표 3-4> 기술분류 ····· 94
<표 3-5> 특허 및 논문 검색을 위한 검색식 ····· 99
<표 3-6> 특허분석지표 ····· 99
<표 3-7> 본 과제와 관련한 주요 논문 리스트 ····· 103
<표 3-8> 국가별 상위출원인 및 출원인 형태 ····· 113
<표 3-9> 본 과제와 관련한 주요 특허 리스트 ····· 124
<표 3-10> K-PEG 평가요소 및 의미 ····· 126
<표 4-1> 주요 조사내용 및 질의형태 ····· 145
<표 4-2> 기술 개발 시 문제점에 대한 주요 이유 ····· 150
<표 4-3> 기술수요조사의 제안과제 리스트 (가나다순) ····· 151
<표 4-4> 기술예측조사 평가항목 ····· 153
<표 4-5> 중요도조사 세부항목 ····· 153
<표 4-6> 기술획득방식조사 세부항목 ····· 154
<표 4-7> 제안과제 통합/분류 결과 ····· 155
<표 4-8> 제안과제명 간소화 결과 ····· 156
<표 4-9> 기술예측조사 대상기술 리스트 ····· 157
<표 4-10> 기술별 기술성숙도 조사 결과(표) ····· 160
<표 4-11> 기술별 기술 실현 예측 조사 결과 ····· 161

<표 4-12> 기술별 최고기술 보유국 및 국내 기술 수준 ····· 164
<표 4-13> 우선순위조사 평가지표 ····· 167
<표 4-14> 우선순위조사 후보기술 리스트 ····· 169
<표 4-15> 우선순위조사 평가지표 항목 ····· 170
<표 4-16> 우선순위조사 평가지표별 평가점수 및 순위 ····· 171
<표 4-17> 최종 선정 연구기술 리스트 ····· 172
<표 4-18> 최종 선정 연구기술 상세 내용 ····· 172
<표 5-1> 미래 물류 변화상 ····· 185
<표 5-2> 의왕ICD 부지 및 CY 현황 ····· 191
<표 5-3> 일평균 철도 발도착 량수 및 컨테이너 (2017년 기준) ····· 192
<표 5-4> 의왕ICD 일평균 진출입 차량수 ····· 192
<표 5-5> 철도화물 연도별 물동량 예측치 ····· 192
<표 5-6> 의왕ICD 반출입 컨테이너 추정량 ····· 193
<표 5-7> 선형유도전동기와 선형동기전동기 비교 ····· 196
<표 5-8> 현수 궤도식 컨테이너 자동이송시스템용 LIM 설계 결과 ····· 198
<표 5-9> 컨테이너 자동이송시스템 구축을 위한 추진방식별 구성품 단가 분석 결과 ····· 200
<표 5-10> 의왕 ICD 적용 시 추진방식별 컨테이너 자동이송시스템의 구축 비용 분석 결과 ····· 202
<표 5-11> 의왕 ICD 적용 시 실제 물동량을 고려한 컨테이너 자동이송시스템용 차량 소요 대수 산정 결과 ····· 203
<표 5-12> 의왕 ICD 적용 시 실제 물동량을 고려한 추진방식별 컨테이너 자동이송시스템의 구축 비용 분석 결과 ····· 204
<표 5-13> 비용 및 편익 보정지수 ····· 205
<표 5-14> 편익 분석 항목 ····· 206
<표 5-15> 편익추정 결과 ····· 210
<표 5-16> 비용 항목 및 원단위 ····· 212
<표 5-17> 비용 산정결과 ····· 212
<표 5-18> 시나리오별 경제적 타당성 분석 결과 ····· 214

<그림 차례>

<그림 1-1> 기술 개발 개요 ····· 1
<그림 2-1> 제1차 지속가능 국가교통물류발전 기본계획(2011~2020) 비전 체계 ····· 10
<그림 2-2> 국가물류기본계획(2016~2025) 비전 체계 ····· 11
<그림 2-3> 제3차 철도산업발전 기본계획(2016~2020) 비전체계 ····· 13
<그림 2-4> 국가물류비 추이 ····· 20
<그림 2-5> 세계 컨테이너 항만의 자동화 수준 ····· 21
<그림 2-6> 우리나라 차세대 완전무인자동화터미널(개발중) ····· 21
<그림 2-7> 자동화터미널 시장 성장세 및 비중 변화 ····· 22
<그림 2-8> 해외 완전무인자동화 컨테이너 터미널 무인자동화장비 현황 ····· 23
<그림 2-9> Global Surveillance equipment market, 2015 ····· 26
<그림 2-10> Global Security Solution for the Transportation market, 2008~2015 ····· 26
<그림 2-11> 선형전동기와 회전형 전동기의 세계 시장 현황 ····· 30
<그림 2-12> 전동기 전주기 비용 내 에너지 차지 비중 ····· 31
<그림 2-13> 국내외 고효율 전동기 최저효율제 시행 현황 ····· 32
<그림 2-14> 국내 교류전동기 수출입 현황 ····· 32
<그림 2-15> 저스텍사 JTR24 시리즈 ····· 33
<그림 2-16> 영구자석형 동기전동기 시스템 수요분야 및 공급기업 현황 ····· 35
<그림 2-17> 무인운전시스템의 원리 : 양방향 무선통신(CBTC) ····· 40
<그림 2-18> 차상 열차 상태기반 유지보수 (CBM) 기술 ····· 41
<그림 2-19> 지상 열차 상태기반 유지보수 (CBM) 기술 ····· 41
<그림 2-20> 자율주행 통합관제시스템 ····· 42
<그림 2-21> KTX 고장 모니터링 ····· 43
<그림 2-22> Railway bogie condition monitoring 시스템 (SKF) ····· 45
<그림 2-23> SAW 센서를 이용한 무선 온도 계측 시스템 ····· 45
<그림 2-24> 국내외 자동화물운송시스템 기술 개발 방향 ····· 47
<그림 2-25> 반도체 이송 공정용 소형 선형전동기 제품 ····· 53
<그림 2-26> 공작기계 이송테이블 구동용 150N급 Hybrid-type LPM ····· 53
<그림 2-27> 원자로의 제어봉 구동장치용 Tubular-type LPM ····· 54
<그림 2-28> 선형 추진시스템의 분류 ····· 54
<그림 2-29> LIM 방식의 추진 기술 국내 적용 현황 ····· 55
<그림 2-30> 흡인식 부상전자석과 LSM 기술이 적용된 550km/h급 초고속 자기부상열차 시제품 56
<그림 2-31> 초전도 반발식 전자석 방식의 LSM 기술이 적용된 초고속 튜브열차 개념도 ····· 56
<그림 2-32> LPM 추진시스템의 지상코일과 LPM 적용 대차 시제품 ····· 56
<그림 2-33> 국내 중용량의 산업용 및 교통시스템용 무선전력전송기술 사례 ····· 57
<그림 2-34> 국내 대용량의 철도시스템용 무선전력전송기술 사례 ····· 57
<그림 2-35> 고속철도용 대용량 무선전력전송시스템의 구성도 ····· 58
<그림 2-36> SERAPHIM 열차 concept (Vertical reaction plate 방식) ····· 73
<그림 2-37> 국외의 LSM 추진시스템 적용 초고속 자기부상열차 ····· 73
<그림 2-38> 독일 초고속 자기부상열차용 흡인식 전자석 방식의 LSM 추진시스템 ····· 73
<그림 2-39> 독일 LSM으로 이송하는 엘리베이터인 '멀티(MULTI) 시스템 ····· 74

<그림 2-40> 초고속 자기부상열차가 적용되는 일본의 주오신칸센 노선도 ····· 74
<그림 2-41> 일본 초고속 자기부상열차용 초전도반발식 전자석 방식의 LSM 추진시스템 ····· 75
<그림 2-42> 독일은 Bombardier에서 개발한 무선전력전송 기술이 적용된 Primove 트램시스템 75
<그림 2-43> 독일 Transrapid09의 저속용 무선전력전송 방식의 차상급전시스템 (차상 파트) ····· 76
<그림 2-44> Yes! U-Port의 구성 ····· 78
<그림 2-45> ATOMS의 구성 ····· 79
<그림 2-46> ATOMS 시스템 개념도 ····· 79
<그림 2-47> 중국 칭다오 QQCT 자동화컨테이너터미널 (안벽-야드 자동이송작업) ····· 80
<그림 2-48> 중앙통제실 원격제어 ····· 81
<그림 2-49> 중앙통제센터(LBCT) ····· 81
<그림 2-50> AlexNet의 CNN 구조도 ····· 82
<그림 2-51> R-CNN 구조의 객체 검출 개요도 ····· 83
<그림 2-52> 정보보호관리체계 (ISMS) 인증과정 ····· 85
<그림 2-53> RFID기반 물류거점 정보통합 시스템 (컨테이너 보안의 대표 사례) ····· 85
<그림 2-54> 항만자동화시스템 개념도 ····· 86
<그림 2-55> 산업 자동화(3D STEEL Monitoring System) 모니터링 시스템 ····· 87
<그림 2-56> 의왕ICD 정보시스템(UISIS) 구성도 ····· 87
<그림 2-57> 2017년 2분기 주요 사이버위협 타임라인 ····· 88
<그림 2-58> 독일 철도정보시스템 워너크라임 감염 사태 ····· 89
<그림 2-59> 러시아 내무부 워너크라이 감염 사태 ····· 89
<그림 2-60> 사회기반 시스템 공격 주요사례 ····· 90
<그림 2-61> 스턱스넷을 통한 사회기반 시스템 공격 원리 ····· 91
<그림 3-1>조사분석 절차 ····· 93
<그림 3-2> 논문의 연도별 연구 동향 ····· 101
<그림 3-3> 논문의 발행기관 국가별 연구 동향 ····· 102
<그림 3-4> 논문의 저자별 연구 동향 ····· 102
<그림 3-5> 논문의 저널별 발행 동향 ····· 103
<그림 3-6> 특허 전체 동향 ····· 111
<그림 3-7> 국가별 특허 동향 ····· 112
<그림 3-8> 한국 상위출원인의 출원량 변화 ····· 114
<그림 3-9> 일본 상위출원인의 출원량 변화 ····· 115
<그림 3-10> 미국 상위출원인의 출원량 변화 ····· 115
<그림 3-11> 유럽 상위출원인의 출원량 변화 ····· 116
<그림 3-12> 한국의 기술별 특허비중 ····· 117
<그림 3-13> 일본의 기술별 특허비중 ····· 118
<그림 3-14> 미국의 기술별 특허 비중 ····· 118
<그림 3-15> 유럽의 기술별 특허 동향 ····· 119
<그림 3-16> 출원인별 시장력과 피인용 상관관계 ····· 120
<그림 3-17> 국가별 특허활동지수 ····· 121
<그림 3-18> 기술별 국가의 특허활동지수 ····· 122
<그림 3-19> 친환경 컨테이너 이송시스템 기술의 출원 동향(등고선 맵) ····· 123
<그림 3-20> 국내 주요출원인 등록특허 등급분포 ····· 127
<그림 4-1> 조사 대상 산학연 비율 ····· 144

<그림 4-2> 조사 절차 ····· 145
<그림 4-3> 시급 연구 분야 ····· 147
<그림 4-4> 시스템 성능요구사항 주요 항목 ····· 148
<그림 4-5> 기술 개발 시 핵심 성능요구사항 ····· 149
<그림 4-6> 기술 개발 시 주요 문제점 ····· 149
<그림 4-7> 기술예측조사 수행 절차 ····· 152
<그림 4-8> 기술 및 사회·경제 발전에 미치는 요소의 중요도 ····· 158
<그림 4-9> 기술성숙도 수준(TRL 기준) ····· 159
<그림 4-10> 기술별 기술성숙도 조사 결과(그래프) ····· 160
<그림 4-11> 연도별 평균 기술 실현 시기 응답 분포 ····· 161
<그림 4-12> 최고기술 보유국 및 국내 기술 수준 ····· 163
<그림 4-13> 기술획득 선호 방식 ····· 165
<그림 4-14> 기술 실현 시 예상 장애요인 ····· 166
<그림 4-15> 우선순위 분석 프로세스(예시) ····· 168
<그림 4-16> 우선순위조사 평가지표별 가중치 ····· 170
<그림 5-1> 시급 연구 분야 ····· 189
<그림 5-2> 논문의 연도별 연구 동향 ····· 190
<그림 5-3> 한국의 기술별 특허비중 ····· 190
<그림 5-4> 내륙물류기지 및 배후물류단지의 컨테이너 자동이송시스템 적용 개념도 ····· 194
<그림 5-5> 의왕 ICD의 컨테이너 자동이송시스템 적용을 위한 평면도 ····· 195
<그림 5-6> 선형전동기 추진방식을 이용한 현수 궤도식 컨테이너 자동이송시스템 구성도 ····· 197
<그림 5-7> 현수 궤도식 컨테이너 자동이송시스템의 추진장치 구성도 ····· 198
<그림 5-8> 현수 궤도식 컨테이너 자동이송시스템용 LIM 기본 설계 모델 ····· 198
<그림 5-9> 컨테이너 자동이송시스템의 의왕 ICD 적용 시 추진방식별 구축 비용 분석 ····· 201
<그림 6-1> 연구개발의 비전 ····· 215
<그림 6-2> 물류 운영 최적화 기술 구성도 ····· 217
<그림 6-3> 기존의 환적 시스템 ····· 218
<그림 6-4> 기존 내륙물류기지에서의 트럭을 이용한 컨테이너 이송시스템 ····· 218
<그림 6-5> 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발 과제 구성 ····· 220
<그림 6-6> 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발 주요연구내용 ····· 222
<그림 6-7> 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발 추진 전략 ····· 226
<그림 6-8> 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 구성도 ····· 229
<그림 6-9> 기존 내륙물류기지에서의 트럭을 이용한 컨테이너 이송시스템 ····· 230
<그림 6-10> 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 개요 ····· 231
<그림 6-11> 컨테이너 이송시스템용 고효율 추진시스템 개발 과제 구성 ····· 232
<그림 6-12> 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술 개발 주요연구내용 ····· 235
<그림 6-13> 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술개발 추진 전략 ····· 239
<그림 6-14> 이송차량 위치 인식 기술과 WAVE 기술기반 무선통신 기술 및 관련 보안기술 ····· 242
<그림 6-15> 기존 도로교통 V2X 통신 시스템 구성도 ····· 243
<그림 6-16> 내륙물류기지 및 배후물류단지 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 ····· 244
<그림 6-17> 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발 과제 구성 ····· 245

<그림 6-18> 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발 주요연구내용……247
<그림 6-19> 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술개발 추진 전략…… 251
<그림 6-20> 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술개발 과제의 실용화 방안 및 성과로드맵…… 259
<그림 6-21> 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술개발 과제의 실용화 방안 및 성과로드맵…… 265
<그림 6-22> 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술개발 과제의 실용화 방안 및 성과로드맵…… 269

제 1 장 기술의 정의 및 기획 필요성

제 1 절 기술의 정의

가. 기술의 개요

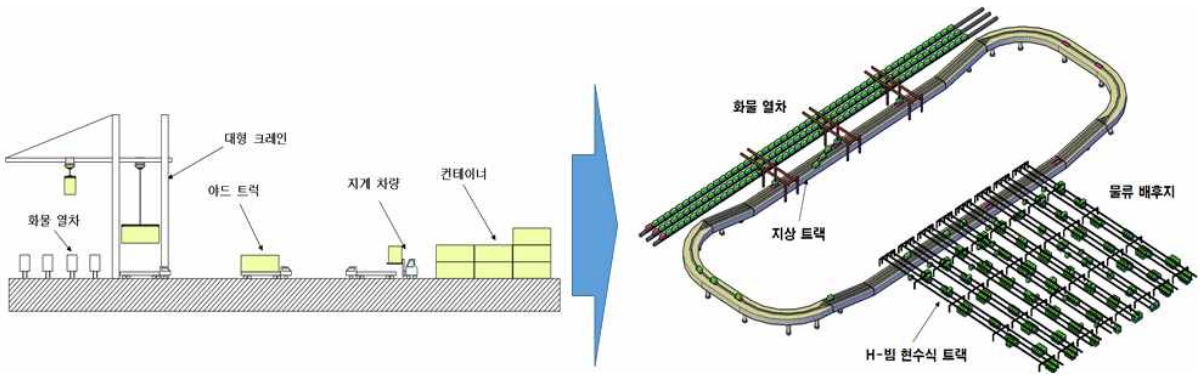
○ 물류관점에서 지역 간 화물통행에 대한 연구는 다수 기획, 연구되었으나 물류거점 내에서의 화물운송 효율화 및 지속가능성 확보를 위한 연구는 부족함

○ 지속가능 교통물류 발전 기본계획(2011~2020) 상에 저탄소 교통물류체계 구축을 위한 교통물류거점의 연계교통망 구축을 확대하고 도로화물의 철도전환 촉진을 추진 중임

○ 기존의 컨테이너 이송 시스템은 컨테이너 환적과 이송을 위한 크레인, 리치스태커, 야드트럭과 화물트럭등으로 구성되어 이동이 복잡하고 사고위험이 있으며 비용이 증가함

○ 따라서, 저탄소 교통물류체계 구축을 위하여 내륙물류기지 및 배후물류단지의 친환경 컨테이너 이송시스템 기술 개발이 필요함

(최종 목표) 내륙물류기지 및 배후물류단지의 친환경적 자동화 물류체계 구축을 위한 리니어추진(LM) 및 네트워크(IT) 기반의 컨테이너 이송시스템 기술 개발



<그림 1-1> 기술 개발 개요

나. 기술 요구 사항

○ 전기 에너지를 사용하는 Linear Motor의 적용으로 저탄소 교통물류체계 구축 및 녹색교통수단으로 모드 전환이 가능하며 수송능력 증대 및 물류기지의 활성화 가능

○ LM 기반 컨테이너 이송 시스템을 적용하여 컨테이너 이송 및 환적을 위한 지상 차

량들의 이동을 위한 인프라가 불필요하고 물류기지를 위한 부지의 효율적 사용이 가능

○ 컨테이너의 이송과 환적이 하나의 LM기반 시스템으로 이루어지기 때문에 환적, 이송을 위한 시간과 비용이 크게 감소

○ 물류 자동화를 통하여 야간에도 무인으로 상하역 작업이 가능하여 24시간 효율적인 물류운송 운영이 가능

○ 네트워크 기술 기반의 중앙관제를 통해 체계적인 물류관리가 가능하며 컨테이너 상호 간 충돌 방지로 안전성 향상

○ 현장 근무 인력의 효율적 대체 운영으로 사람에 의한 실수, 불통, 미숙으로 발생하는 문제가 없어 운영 효율이 증가하고 안전성이 향상됨

다. 기술의 구성

○ 본 컨테이너 이송시스템은 다음과 같이 구성된다.

- 전기에너지를 사용하는 리니어 모터를 적용하여 친환경 저탄소의 지속가능 교통물류 발전에 기여하며 환적 및 적재를 위한 여러 운송수단을 통합하여 컨테이너 이송 시간과 비용이 감소하고 내륙물류기지 및 배후물류단지의 효율적인 활용이 가능한 ‘LM 기반의 컨테이너 이송시스템 기술’
- 컨테이너의 이송 차량을 원격 제어하고 위치를 인식함으로써 차량운행을 위한 인력이 대폭 감소하여 효율이 증가하고 안정성을 확보할 수 있는 ‘네트워크 기반 통합제어 시스템 기술’
- 전체 시스템의 통합 관제와 관리가 가능하고 무인으로 24시간 상하역 작업이 가능하여 효율적인 물류 운영이 가능한 ‘물류 운영 최적화 기술’

제 2 절 기획 배경

가. 과제추진 배경 및 필요성

○ 물류관점에서 보면 지역 간 화물통행에 대한 연구는 다수 기획, 연구되었으나 물류거점 내에서의 화물운송 효율화 및 지속가능성 확보를 위한 연구는 부족함

○ 지속가능 교통물류발전 기본계획('11-'20) 상의 관련 내용 : 저탄소 교통물류체계 구축을 위하여 교통물류거점의 연계교통망 구축을 확대하고 도로화물의 철도전환 촉진을 추진하고 있음

- 탄소배출 저감형 물류체계 구축, 녹색교통수단으로의 모드 전환(Modal Shift) 추진, 철도 화물 수송능력 증대 및 연안해운 활성화를 목표로 5대 권역별 내륙화물기지의 활성화를 위하여 철도 연계형 수송체계 마련 추진
- 대표적으로 의왕 ICD 현대화 및 기존 물류기지의 운영을 개선하기 위하여 야드 트럭 기반의 물류기지 내 환적이송시스템을 자동화하고 철도기반으로 추진
- 특히 도로화물의 철도 전환을 촉진하기 위하여 철도전환 물류업체에 보조금을 지급하는 방안뿐만 아니라 물류시설에서 도로화물을 감소시키는 근본적인 방안 마련 필요
- 이와 더불어 철도 복합 일괄수송을 보다 확대하기 위하여 철도이용을 보다 효율적으로 하고 기존 철도망과의 연계성을 획기적으로 개선하는 것이 필요함

○ 국가물류비 추이를 보면 수송비의 비중이 가장 크며, 하역비의 연평균 증감률이 가장 높은 편임. 본 연구는 물류비 중 수송비와 하역비 절감에 기여가 클 것으로 판단되며, 다음과 같은 장점을 가지고 있음

- 컨테이너 이송 및 환적을 위한 지상 차량들의 이동경로가 불필요하므로 물류거점 내 야드 트럭 운송비 절감
  → 의왕 ICD의 경우 일 평균 이동차량 300 대
- 친환경 물류체계 도입으로 배기 가스 등 대기오염 물질 감소 및 차단효과 기대
  → 의왕 ICD의 경우 터미널 간 이동거리 약 1.1km ×일 평균 이동차량 300 대
  → 터미널 내 이동거리 약 1km ×일 평균 진출입차량 3,000 대
  = 3,330km 배기가스 발생
  → 디젤차량의 CO_2(배기가스의 99% 차지)는 210g/km
  = 3,330km × 210g/km = 700kg 발생
  → 노후 트럭 및 야드트럭까지 모두 고려하면, 하루 평균 약 1ton의 배기가스 배출이 예상되며, 연평균 365ton의 오염물질 발생이 예상됨
- 야간 상·하역 작업 수행을 통한 24시간 물류거점 운영
- 현장 근무인력의 효율적 대체 운영 및 고부가 가치 인력 창출에 따른 운영 효율 향상
- 네트워크 기술 기반의 중앙관제를 통한 체계적 물류 관리

- 잠재적 사고위험 제거에 따른 환적시스템 선진화 및 자동화
- 운송 수단간 통합화, 부지의 효율화 및 연계의 신속화 달성

<표 1-1> 국가물류비 추이(국제화물 수송비 제외) (단위: 십억원, %)

구분		수송비	재고유지 관리비	포장비	하역비	물류정보 관리비	물류비 총계
2001		58,241	17,996	1,744	1,140	4,543	83,663
2002		61,565	17,390	1,821	1,348	2,808	84,931
2003		69,696	14,830	2,017	1,257	2,315	90,114
2004		66,691	15,056	2,028	1,686	2,428	87,889
2005		72,269	16,332	2,081	1,809	3,301	95,792
2006		75,308	17,479	2,141	1,974	3,614	100,515
2007		79,183	20,609	2,298	1,991	3,398	107,479
2008		83,206	28,104	2,444	2,519	3,989	120,262
2009		84,836	26,311	2,529	2,169	394	116,238
2010		95,604	29,732	2,888	2,579	439	131,242
2011		104,033	33,898	3,203	2,910	5,611	149,654
2012		107,587	32,407	3,304	2,837	5,846	151,980
2013		100,986	32,633	3,452	2,885	5,856	145,812
2014		**115,929**	34,323	3,560	2,998	6,022	162,832
연평균	명목	5.86	5.09	5.64	**7.72**	2.19	5.55
증감률	실질	2.65	2.3	4.93	4.11	3	2.66
전년대비	명목	8.13	5.18	3.13	3.92	2.84	7.1
증감률	실질	5.89	-3.6	2.96	0.87	3.18	3.6

자료: 한국교통연구원(2016) 2014 국가물류비 조사 및 산정

나. 기획연구의 시급성 및 중요성

○ 본 과제는 물류분야에서 물류효율성 개선을 통한 물류비 절감과 지속가능성을 확보하는데 그 시의성이 있음

- (물류 인프라 확충과 운영효율화) 물류기술 개발을 통하여 물류효율을 제고하고 물류비를 절감함으로써 국가 및 기업의 경쟁력을 향상시킴
- (교통물류 분야의 지속가능성) 도로분야에 집중된 운송방식의 개선에 대한 공감대가 빠르게 형성되고 있으며 화물운송뿐만 아니라 물류시설 내 운영에서도 지속가능성 확보는 중요한 이슈임
- (물류거점 내 안전성 개선 및 혼잡 완화) 야드 트럭을 통한 물류거점 내 운송방식은 트럭간 상충으로 인한 사고위험을 증가시키고 첨두시 차량집중으로 인한 야드 내 혼잡을 야기함

○ 우리나라도 국가계획에 완전무인자동화터미널 건설 계획을 포함시키고 관련된 연구개발을 진행하고 있음. 이를 항만뿐만 아니라 내륙물류기지 등 국내 물류 산업 발전의 중요한 계기로 활용해야 함

○ 특히 정보화시대 도래에 따라 잠재력 있는 물류 및 소프트웨어 기업을 발굴하여 기술력을 향상시키고 해외시장 진출을 집중 지원하여 정보물류 기술을 선도하는 글로벌 강소기업으로 육성해야함

○ 또한 완전무인자동화 터미널 구축에 발맞추어 기존 물류에서 수행되는 단순 반복적 직무를 고도화된 첨단장비와 시스템의 유지보수, 원격작업보조, IT 관리 등 고부가가치 업무로 전환하는 대책을 마련해야 함

○ 완전무인자동화 터미널은 기계, 전기, 전자, ICT 및 물류가 융합된 복합산업으로서 미래 물류 종사 인력에 대해 ①첨단장비/시스템 유지보수 직무전환 등 고부가가치 신규직종 창출, ②부산, 인천 등 항만 연수원 훈련프로그램 전면개편, ③정보화기반 터미널 운영 신기술 개발과 신속한 도입 등 신속한 사전정책 추진이 필요함

○ 일시에 많은 컨테이너를 처리・보관하기 위해서는 장치장의 효율을 극대화 할 수 있는 시스템 도입이 필수적임. 이렇게 일시에 많은 컨테이너를 장치할 때는 장치위치 선정이 체계적이고, 장비 간 정보교환이 일반 터미널보다 정확・신속・고도화가 필요함

○ 또한, 게이트를 통한 컨테이너의 반・출입도 신속하게 처리되어야 하므로 게이트의 자동화도 필수적임

○ 세계적인 GTO(Global Terminal Operator)인 DPW(Dubai Port World)에서는 물류분야에서 혁신적인 ICT 도입을 통해 현 저성장 상황을 벗어나야 할 것이라 언급하였음. 항만 및 물류산업 적용이 필요한 5가지 주요 핵심 기술을 ①로보틱스와 자동화 ②자율주행차 ③IoT와 빅데이터 ④시뮬레이션과 VR ⑤사이버보안 등을 제시함

다. 정부지원의 필요성

○ 국가경제에 파급효과가 큰 수출입 물류체계와 직결되므로 공공의 역할이 필요하며, 특히 국가기간교통망인 철도를 통한 물류와 연계성이 강하므로 정부 지원이 필요함. 최근 국가물류기본계획에서는 국내 철도물류의 경쟁력을 높이고자 철도물류 지원제도를 마련하고 철도물류 인프라 확충의 필요성을 제시함

○ 정부는 2030년 BAU 대비 37% 감축이라는 국가 온실가스 감축 로드맵을 수립・발표하였으며, 이러한 목표에 부합하는 제1차 지속가능 교통물류발전 기본계획 수정안을 마련하고 세부 감축방안을 추진하고 있음. 본 연구는 교통물류분야의 지속가능성 확보하기 위한 정부와 범세계적인 정책방향과 맥을 같이함

○ 국내 완전무인자동화 내륙물류기지의 도입을 위해서는 정부차원의 전략적 추진방안이 필요함.

- 우리나라가 완전무인자동화 내륙물류기지를 구축할 경우 주변국들과의 차별성을

고려하여 물류기지사업의 경쟁력을 확보해야함

- 해외의 완전무인자동화 터미널 기술 중 도입할 부분과 R&D를 통해 독자적 기술개발을 추진할 부분을 구분하여 추진함으로써 해외 수출과 관련 산업의 발전을 도모해야함
- 특히, 우리나라는 ICT 강국으로서 타 분야에서 정보화강국으로 발돋움하였음에도 불구하고 물류분야에서 완전무인자동화 터미널 구축에 타 경쟁국가에 비해 뒤쳐져 있음. 정보화 시스템의 도입 또한 지지부진한 상태임

○ 완전무인자동화 확산에 대비, 일자리의 고부가가치화 정책의 적극적인 추진이 필요하며, 이는 국가차원에서 고려해야 할 사회적 해결과제로서 정부차원에서의 지원이 필요함

- 해외의 자동화터미널의 경우 기존 항만노동인력을 ICT 장비 모니터링, 원격운전 보조, 고도화 시스템 유지보수, ICT 관리 등 고부가가치 항만인력으로 전환한 바 있음
- 예컨대, 네덜란드 로테르담의 RWG 담당자는 완전무인자동화는 직무의 전환을 고려하여 단계적으로 진행해야 할 것이라고 언급하였으며, 첫 번째 단계는 로봇이 사람들을 지원하는 단계로서 활용할 것이라 밝혔음
- 세계에서 가장 강력한 항운노조를 가진 미국의 롱비치 자동화터미널은 완전무인항만으로 전환을 시도하면서 기존 인력을 고도화장비 유지보수 및 원격제어운전 인력으로 전환함

제 3 절 기획과제 목적 및 추진방향

1. 중점목표 및 추진체계

연구기관	한국교통대학교 (주관연구기관)
중점 연구목표	○ 내륙물류기지 및 배후물류단지의 친환경적 물류체계 구축을 위하여 리니어추진(LM) 및 네트워크(IT) 기술을 기반으로 지상중심의 통합제어시스템을 구현하는 친환경 컨테이너 이송시스템 기술 개발 기획 ○ 연구과제에 대한 상세기획을 통한 타당성 조사를 수행하고 소요예산 및 인력을 제시하며, 본 과제 공모를 위한 RFP 도출 및 추진형태 제시
주요 연구내용	○ 국내외 관련 현황 및 동향 조사 분석 ○ LM 및 네트워크 기술 기반 컨테이너 이송시스템 기술개발 전략 제시 ○ 기술개발 추진과제 발굴 및 기획 ○ 컨테이너 이송시스템 실증연구 기획 ○ 개발기술의 항만 등 적용 확대를 위한 타 부처 연계 협력 방안 도출 ○ 연구개발 타당성 검토 ○ 본 과제 추진을 위한 추진체계 제시 및 소요예산 산정 ○ 과제공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준 설정
연구 추진체계	○ 기획연구는 한국교통대학교가 주관기관으로 수행 ○ 세부 기술분야별 아이디어 및 초안 작성 시 교통대 내부의 원내 전문가를 1차적으로 활용 ○ 실용적인 연구결과 도출을 위하여 운영기관에 대한 방문 협의 등의 의견수렴을 진행하며, 결과 도출과정에서 다양한 분야(산·학·연 및 수요처) 소속의 자문위원을 활용 ○ 사전타당성검토 결과의 객관성 확보를 위해 경제, 기술 가치평가, 정책분야 등의 외부 전문가를 통한 검증 실시 

2. 기획 과제 효과

○ 네트워크 기술 기반의 중앙관제를 통한 체계적 물류 관리

○ 지상 운송 장치 및 인력 불필요, 공정시간 단축에 따른 운영 효율 향상

○ 잠재적 사고위험 제거에 따른 환적시스템 선진화

○ 운송수단간 통합화, 부지의 효율화 및 연계의 신속화 달성

○ 국내 내륙물류기지, 무역항 및 배후물류단지를 대상으로 국가 경쟁력의 척도인 국가 물류비용 저감

○ 내륙물류기지 및 배후물류단지의 경제성, 친환경성, 생산성을 획기적으로 개선

○ 지속가능하고 안전하며 경쟁력 있는 물류 산업 신시장 창출 및 해외 사업 진출 경쟁력 확보

○ 도로운송 중심의 수송구조를 해운, 철도 등 대량운송 수송구조로 전환하는 모달쉬프트 마련

○ 친환경 물류체계 도입으로 배기가스 저감 및 차단효과 기대

○ 초기 단계인 스마트 환적시스템 기술개발로 시장선점 및 수출전략 산업화 필요

○ 비점착 구동의 선형 전동기(LM)를 이용한 네트워크 제어를 통해

☞ 최소한의 계자 탑재로 다수의 이동체 전원용 전력선 또는 배터리 탑재 불필요

☞ 단순 구조의 이동체로 유지보수 불필요

☞ 중앙 네트워크 관제로 독립 제어 불필요

☞ 비점착 구동으로 급곡선/급구배 주행 가능 및 정시성 탁월

☞ 악천후에 강한 24시간 무휴 주행

☞ 고속 이송 (일반 야드트럭의 최고속도 30km/h 대비 두 배 이상)

○ 네트워크 기반의 최첨단 IT기술 융합으로 최신의 완전무인하역장비와, 지능형 운영 및 제어시스템, 24시간 운영, 휴먼에러의 방지 등 기대

☞ 안전과 보안성 강화를 최우선으로 적용하여 항만 및 물류기지 내 고질적인 문제였던 안전사고 원천 방지

☞ 작업 영역 내 사람의 접근을 엄격히 제안하며, 모든 장비들이 자동으로 운영되므로 사고발생 요인을 원천 차단함

☞ 해외 선진국가들은 완전무인자동화터미널로 신규 항만 건설 중

○ LM 기반 컨테이너 이송시스템 정보시스템은 ICT기술을 도입한 최첨단 물류시설이므로

☞ 인공지능을 기반으로 자율적으로 컨테이너를 LM기반 컨테이너 이송차량으로 환적

☞ 관리자가 물류기지 내의 모든 자동화 장비의 움직임을 실시간으로 모니터링

☞ 통합관제 시스템은 모든 컨테이너 및 LM기반 컨테이너 이송차량과 M2M(Machine to Machine)통신을 통해 추적 관제

☞ 완전무인자동화 터미널은 인공지능기술을 기반으로 지능화된 컴퓨터가 운영하기 때문에 사람이 운전하는 것보다 안전하고, 저렴하고, 효율적으로 운영 가능

☞ 컨테이너터미널 내 모든 무인장비들의 움직임을 1mm까지 정확히 측정하며 장비들의 이상상태 또한 실시간으로 모니터링

☞ LM 기반 컨테이너 이송차량은 GPS 및 V2X통신을 통해 상호 위치 검지를 수행하고 이를 통해 이송차량 간 상호 충돌을 회피

○ 본 연구의 핵심기술은 타 산업분야 (자동차 및 항공 생산 공정, 철도교통, 공장자동화 등)에 다양하게 파급 가능

제 2 장 기술개발 동향 및 환경분석

제 1 절 국내외 정책동향 분석

1. 국내 정책동향 분석

① 제 1차 지속가능 국가교통물류발전 기본계획(2011~2020)

○ 제 1차 지속가능 국가교통물류발전 기본계획(2011~2020)은 친환경·사람 중심의 녹색교통 구현, 저탄소·에너지 고효율 교통물류체계 구축, 녹색교통물류 신성장 동력 창출 등을 목표로 하며 지속가능 교통물류정책 시행과 자동차 연비개선 등을 통해 2020년까지 온실가스 감축량 약 3,450만톤 달성을 목표로 설정하였음

○ 도로 중심의 운송을 억제하고 철도, BRT등 저탄소 친환경 교통체계 강화, 저비용·고효율의 탄소배출 저감형 물류체계 구축, 친환경 교통물류 기술개발 등 주요 내용임

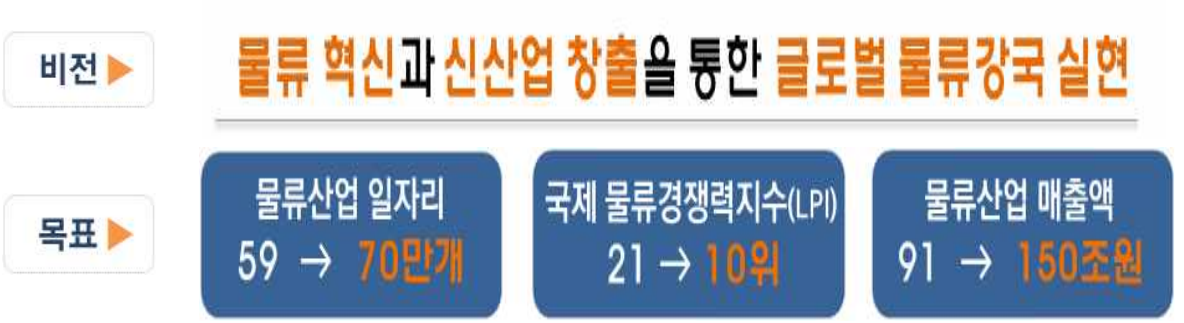


<그림 2-1> 제1차 지속가능 국가교통물류발전 기본계획(2011~2020) 비전 체계

② 국가물류 기본계획 (2016~2025)

○ 국가물류 기본계획 (2016~2025)에서는 기술, 사회, 경제, 환경 변화 등에 대응하여 물류 분야를 혁신하고 신사업 창출을 통한 글로벌 물류 강국 실현을 목표로 제시하며 고부가가치 물류산업 육성, 해외시장 진출강화, 스마트 물류기술 개발 및 확산, 지속가능한 물류산업 환경 조성 등 물류산업 전반의 혁신을 주도함

○ 특히, 도심 내 친환경 물류단지 조성, 철도화물열차의 수송능력 향상을 위한 컨테이너 상하역 수송·배후단지 표준화 등 내륙물류의 친환경화, 자동화, 효율화 등을 위한 전략 과제를 포함하여 추진



전략		
1	산업트렌드 변화에 대응한 고부가가치 물류산업 육성	• 고부가가치 물류 신산업 창출 • 물류 신산업 창출을 위한 지원체계 마련 • 물류허브 경쟁력 강화
2	세계물류 지형 변화에 따른 해외 물류시장 진출 확대	• 한국형 GTO육성 등 글로벌 물류거점 진출 • 동북아·유라시아 물류시장 진출 네트워크 확보 • 북극해 항로 상용화, 파나마 운하 확장 등 대응 • 국경간 전자상거래 배송지원체계 강화 • 해외진출 지원을 위한 공동플랫폼 구축
3	미래대응형 스마트 물류기술 개발 및 확산	• ‘드론’, ‘물류센터 로봇기술’ 등 조기 상용화 • ‘핵심 스마트 물류기술’ 개발 추진 • 중장기 로드맵 수립·추진 • 육·해·공 통합정보 활용체계 마련
4	지속가능한 물류 환경 조성	• 30년 온실가스 감축목표 달성 기반조성 • 친환경 녹색물류 추진 • 국가 위험물 안전관리 시스템 구축 등 • e-Navigation 기술개발 등

<그림 2-2> 국가물류기본계획(2016~2025) 비전 체계

③ 제2차 물류시설개발 종합계획(2013~2017)

○ 제2차 물류시설개발 종합계획(2013~2017)에서는 고효율·고품질의 물류시설 구축, 지속가능한 물류시설 구축, 고부가가치의 융합형 물류시설 구축 등을 목표로 수립

○ 친환경 교통수단 기반 연계교통 물류시설 육성, 친환경·안전·보안 확보를 위한 물류시설 선진화, 물류시설의 정보화·자동화를 통한 첨단인프라 강화 등 지역친화적 미래형 물류시설 구축을 추진함

④ 제3차 물류시설개발 종합계획(2018~2022)

○ 제3차 물류시설개발 종합계획(2018~2022)은 물류시설의 합리적 개발·배치 및 물류체계의 효율화 등을 위한 물류시설의 개발에 관한 5년 단위 종합계획

○ 물류 트렌드 변화에 대응하여 낙후되고 이용률이 저조한 구세대 물류시설을 개선하여 선진화하고, 글로벌 트렌드에 맞는 친환경적이고 안전한 물류체계를 구축

○ 도시권 화물터미널, 재래유통시설, ICD 등 8~90년대 개발된 낙후된 물류시설의 선진화를 통해 국가물류인프라의 경쟁력 제고를 도모

○ 철도 중심의 융합클러스터화 사업을 추진하여 수도권 철도거점 인프라를 종합물류사업 인프라로 전환 추진(수색역 등) 및 의왕ICD 인프라 개선 추진

○ 추진 방향을 ‘국민생활 지원’, ‘선진물류체계구축’, ‘미래역량확보’로 설정, 기존 계획의 추진실적에 대한 정확한 평가 및 분석을 통해 물류시설정책에 대한 기본 방향을 재정비하고, 추진정책의 주요 내용 및 사업 발굴을 위한 종합계획

⑤ 제3차 철도산업발전 기본계획(2016~2020)

○ 제3차 철도산업발전 기본계획(2016~2020)에서는 제4차 산업혁명으로 인해 철도산업이 국가경제 발전의 새로운 성장동력이 될 것으로 보고 국민생활 및 국가경제에서의 새로운 역할을 정립

○ 철도물류 혁신을 통해 화물 수송분담률을 2014년 5.7%에서 2020년 10.0% 이상으로 제고할 것을 목표로 함에 따라 철도 화물 운송의 자동화 등 효율성 제고를 위한 노력이 필요한 상황



<그림 2-3> 제3차 철도산업발전 기본계획(2016~2020) 비전체계

⑤ 국토교통 4차 산업혁명 대응 전략 (2017.04)

○ 국토교통 4차 산업혁명 대응 전략 (2017.04)에서는 가상 · 증강현실, 빅데이터 등 첨단 기술과 융합하여 피킹(Picking), 운송, 보관, 재고 관리 등 일련의 과정이 자동화된 물류센터 개발을 통한 물류 서비스 산업 육성을 주요 과제로 제시

2. 국외 정책동향 분석

가. 일본

○ 일본 국토교통성은 한국정부와 유사하게 5개년 **종합물류시책대강**(2013~2017) **수립**

- 3개 목표, 10개 분야, 56개 추진과제로 구성
- 1997년 이후 2013년까지 4차례 종합물류시책대강 수립
- 계획 관리를 위한 세부 추진과제별 각 연차별 시행일정, 책임부처, 세부목표 등 종합적 추진 프로그램 마련

○ **(목표 1) 물류산업 해외진출 추진 및 글로벌 역량 확보**

- 아시아 각국과의 물류·교통 관련 장관회의 등을 통해 글로벌 경쟁력 강화를 위한 물류파트너 협업 추진
- 효율적인 해외 진출을 위한 물류 인프라, 국제 물류시스템 구축 및 관리*, 인력 확보 및 육성 등 경쟁력 강화 추진

  * NEAL-NET(동북아시아 물류 정보 서비스 네트워크)을 활용하여 컨테이너선 출도착 정보와 선적정보 등 컨테이너와 관련된 물류정보 공유 추진

○ **(목표 2) 물류산업 친환경 정책 촉진**

- 각 운송수단별(도로, 철도, 내항, 해운) 친환경 운송지원 제도 추진과 복합운송 활성화 유도

  * ‘Eco Rail’ 마크 인증, 온실가스 감축에 대한 보조금 지원 등

- 이산화탄소 저감, 에너지활용 저감, 도로혼잡감소 등을 목적으로 한 복합운송 기술개발 진행

  * 「교통운수기술개발추진제도」에서 환경복합운송기술개발 방안 마련

○ **(목표 3) 물류부문 보안·안전 확보**

- 물류의 재해·재난 방지 및 재해 발생 이후 도로·항로 재개 등의 재해·재난 대응계획 수립

나. 독일

○ 독일 정부는 10개년「화물교통 및 물류 이니셔티브를 위한 실천계획(2010-2020)」을 수립

- 물류산업 발전을 위해 국가기간망 계획과 물류산업을 구체적으로 연계하여 5개 목표 27개의 세부 추진과제 제시

○ **(목표 1) 물류허브 경쟁력 강화**

- 독일의 입지적·제도적 우수성 홍보, 민관 의사소통 네트워크 활성화 및 연방정부 조정기능 강화를 통한 정책적 지원 강화

- 독일의 지리적·제도적 우수성 홍보, 민관 의사소통 네트워크 활성화 및 연방정부 조정기능 강화를 통한 정책적 지원 강화

○ **(목표 2) 화물운송수단 인프라 및 운영 시스템 효율화**

- 고속도로 건설·운영 민간참여 확대(PPPs[1])와 교통정보 관리시스템, 고속도로공사 관리 체계 확립, 유럽철도와의 상호 호환성 확대 등을 통한 운영 합리화 도모
- 대형 화물트럭[2], 장대 화물열차 등 대량운송수단 시범사업 추진 및 장거리 도로화물운송, ERTMS[3] 활용 철도운영 최적화 시스템 개발

○ **(목표 3) 복합운송**(인터모달 등) **활성화 위한 국가네트워크 확보**

- '25년까지 복합운송 활성화를 위한 재원 마련과 신규 복합화물운송수단 개발 등
  * 69개 사업에 총 7.73억 유로를 투자, 연방정부가 64% 지원

○ **(목표 4) 환경 친화적 화물운송체계 개발**

- 철도화물운송 소음감소 기술개발 및 지원 방안 마련, 화물운송 온실가스 배출 감소 정책 및 도심내 친환경 수송수단 활용

○ **(목표 5) 물류산업의 근로여건 개선 및 인적 역량 강화**

- 물류인력의 전문화 유도 및 주기적 근로여건 실태조사를 통한 물류산업 근로환경 개선
- 연방고속도로 화물차 주박차공간 확보를 통해 화물운전자의 근로여건 개선 도모
- 물류인력 정규, 보수 교육 프로그램 개발을 통한 인적역량 강화

다. 네덜란드

○ 네덜란드는 해양클러스터와의 확고한 협력 및 소통을 기반으로 한 해양전략 수립을 통해 국제적 지속가능한 항만구축을 목표로,

- 세부추진과제별 종합적 추진 프로그램을 마련
  * (목표) 국제적 지속가능한 항만을 구축을 통해 네덜란드 해양산업의 경쟁력 제고
  * 6개 분야(인적자원, 혁신, 무역, 접근성, 안전 및 환경, 보안), 15개 추진과제로 구성
  * 추진프로그램은 민관협동으로 실시

○ **(분야 1) 해양클러스터를 통한 고용촉진 정책**

- 해양클러스터는 네덜란드 전체 근로자의 5%를 차지하고 있으며, 인적자원의 고령화 추세를 극복하기 위한 추진과제를 제시

○ **(분야 2) 혁신을 통한 해양클러스터의 경쟁력 향상**

- 황금삼각협력(Golden Triangle)을 통해 혁신적인 환경조성 및 자국 해양클러스터 경쟁력을 향상방안 제시
  * (황금삼각협력) 정부, 민간기업 및 연구기관간 협력

---

1) Public Private Partnerships
2) Giga Liner
3) European Rail Traffic Management System

○ **(분야 3) 국제적 협력을 통한 무역 경쟁력 향상**

- 자국 해양클러스터 내의 보안, 연결성, 해운, 건설, 서비스 등 다양한 부분에서 해외 협력사들과 협업을 통해 해외시장 내 자국 해양클러스터의 경쟁력 제고방안 마련

○ **(분야 4) 접근성 개선을 통한 자국 해양클러스터의 경쟁력 제고**

- 자국 해양클러스터 내 교통문제 개선을 통한 접근성 증진으로 북유럽 내에서 경쟁력을 확보하기 위한 추진과제를 제시

○ **(분야 5) 친환경 및 지속가능한 항만의 발전을 통한 경쟁력 향상**

- 친환경 및 지속가능한 방식으로 해양클러스터를 발전시켜 안전하고 지속가능한 물류환경 조성

○ **(분야 6) 보안강화를 통한 해양클러스터의 안전성 증진**

- 물류흐름을 방해할 수 있는 다양한 위험요소를 사전 예측하여 자국의 항만 경쟁력 제고

라. EU

○ **유럽 단일교통체계 구축 로드맵 수립** (2011)[4)]

- **2030년까지 이산화탄소 제로 도심 물류체계 구축, 300km 이상 화물운송 철도, 해운으로 전환 목표**
- 교통수단의 수송 경쟁력을 높여 **온실가스 배출량을 2050년까지 1990년 배출량의 60% 감축 추진**
  * 도로, 철도, 항공, 항만 등의 서비스 품질 향상과, 복합운송(Multimodal) 시스템 구축, 보안 강화, 안전, 기술개발 전략 등
- 기타 물류관련 세부정책으로는 **E-freight 실현, 도로화물운송법 정비, 화물보안 강화 및 Single-Window 구축 등 제시**

○ **유럽 2020전략과 Horizon 2020**

- EU는 세계 금융위기로 초래된 경제 저성장과 실업률 증가 등을 해결하기 위한 **'유럽 2020전략'**을 발표
  * (3대 목표) Smart, Sustainable, Inclusive Growth
  * (7대 전략) 디지털과제, 혁신연합, 청년교류확대, 자원효율적인 유럽, 세계화 시대를 위한 산업 정책, 새로운 기술과 고용을 위한 의제, 빈곤대책을 위한 유럽 플랫폼
- EU는 **'Horizon 2020'** 프로그램을 통해 운송산업 경쟁력 강화 및 효율적인 교통시스템 달성을 목적으로 **'스마트·녹색·통합 운송' 분야의 연구개발 추진**
- '스마트, 녹색 및 통합 운송'은 유럽의 운송산업 경쟁력을 강화하고 효율적인 교통시스템 달성을 목표로 추진

4) EUROPEAN COMMISSION, "Roadmap to a Single European Transport Area - Towards a competitive and resource efficient transport system(COM(2011))", 2011

* ‘스마트, 녹색 및 통합 운송’은 2020년까지 약 63.39억 유로가 투입될 예정이며, ① 성장을 위한 이동성, ② 친환경 자동차, ③ 중소기업 혁신 내용이 포함

마. 미국

○ 미국은 연방교통 예산법 MAP-21의 국가화물정책에 따라 인프라, 관련기관, 재원 문제를 해결하기 위한 **국가 화물운송전략 제시**

○ **화물운송시스템 관련 인프라 개선**

- **화물운송 혼잡완화**를 위한 NextGen 등 **물류기술 개발, 세관 간소화, 해상고속도로**[5] **확대** 등 인프라 개선
  * 위성항법 기반 네비게이션 기술(NextGen), 세관 간소화 e-Manifest 시스템 등
- **탄소배출량 감축을 위한** 전기자동차, CNG충전소 설치 등 **CMAQ 자금지원 확대** 및 화물운송 장비에 대한 **저공해 기술개발 촉진**
- **화물운전자 피로도, 중차량 및 위험물 차량 관리방안 등 화물운송 안전 대책 마련**
  * ‘Beyond Compliance’ 프로그램 개발, 중차량 전자 안전제어 시스템 적용, 위험물 화물자동차 설계 및 성능 기준 마련, 위험물 열차 운영 컨트롤(전자 공압 브레이크 제어시스템 등)

○ **효율적인 물류체계 정비 및 화물운송계획 수립 위한 협의기구 마련**

- 대도시 지역에 대한 화물운송개선 프로그램, 장기 화물수송 계획(LRTP) 등 **대도시 물류체계 정비를 위한 협의기구 조정**
- **화물운송계획 개선을 위한 자료수집, 정보공유, 화물분석 방법론 개발**
  * FAF 4 자료 구축, NHS 화물 자료 접근성 개선, GPS 프로브 자료 개선, 복합운송화물 네트워크 구축 등 복합운송 관련 자료 수집 등
- 정책발굴 등을 위한 **공공기관**(각 부처별) **및 민간부문과 국제화물계획 이해당사자 등 협력체계 구축**

○ **화물운송 효율성 향상을 위한 혁신적 화물운송지원 자금 조성**

- 화물운송 등 관련 프로젝트의 재원조달을 위한 **교통투자센터(BATIC)를 설치**
- **StrongPort 프로그램**을 통해 항만의 허브기능 강화 및 국제무역 활성화를 위한 인프라 개선 지원
  * (StrongPort 프로그램) 환경성 검토 및 위험요인 감소 등을 위해 국제무역 공급망 연결하는 미국 항만 및 복합 커넥터의 인프라 개선을 지원함
- **복합운송 활성화를 위한 RRIF 및 TIFIA 프로그램 등 재정지원**

바. 싱가폴

○ 싱가폴은 **해양산업 연구, 생산성 증대 및 인적자원 개발을 통해 국제 경쟁력 향상을 위한 정책 발표**

---

5) marine highway

- 자국 해운시장의 3개 분야(해양산업 연구, 생산성 증대, 인적자원 개발)를 집중적으로 발전시키는 정책 제시

○ **해양산업관련 연구투자의 증액 및 기간 연장**

- 지난 10년간 해운혁신 및 기술(The Maritime Innovation and Technology)개발에 투자하였고, 5년 추가연장 및 5천만 달러(SGD, 약 420억 원)[6]로 증액

○ **신규기금 조성을 통한 생산성 증대**

- 25백만 달러(SGD, 약 210억 원) 규모의 신규 해양클러스터 기금(The Maritime Cluster Fund)을 조성하여, 기존 해운 프로세스 등을 개선하고 생산성을 증대하는 정책과제를 제시

○ **교육기관과의 협력을 통한 인적자원 육성**

- 해양클러스터 산업 전문인력 육성을 위해, 2백만 달러(SGD, 약 17억 원) 규모를 대학교 등 인적자원 개발 프로그램에 사용 예정

사. 중국

○ 중국정부는 경제발전 제12차 5개년계획(2011～2015)내 주요 12개 정책방향과 56개의 육성 중점대상 중, 서비스산업발전계획에 물류산업을 선정

- 물류산업육성 세부계획은 현대물류서비스시스템 구축 및 3자 물류 발전으로 구성

○ 중국 교통부는 **물류산업 발전 중장기계획(2014～2020) 발표**

- 물류산업발전 중장기계획은 물류산업 발전촉진, 첨단물류 서비스 시스템 구축 및 개선 목적으로 시행
- 2020년까지 기술성, 편리성, 효율성, 안정성, 친환경성을 모두 갖춘 첨단물류 서비스 시스템 구축을 목표로 설정
- 물류업 부가가치 연평균 8% 정도의 성장을 추진하며, GDP 대비 물류업 부가가치 비중을 7.5%로 늘리도록 명시

  * GDP 대비 사회물류총비용 비중을 ‘13년의 18%에서 ‘20년 16% 감축 목표

○ **물류산업 발전 촉진을 위한 7개 주요 과제**

- 물류기업 전문화 수준 제고, 물류정보화 강화, 기술장비 현대화 추진, 물류표준화 구축, 지역물류발전 추진, 국제물류발전 추진, 녹색물류 추진
- 12개 분야를 중점 추진사업으로 선정

  * 복합운송, 물류원구, 농산물 물류, 제조업 물류 및 공급사슬관리, 자원형 제품물류, 도농간 물류배송, 전자상거래 물류, 물류표준화, 물류정보 플랫폼, 물류 신기술 개발・응용, 재생자원 회수물류, 긴급물류

○ **중국 택배시장 전면 개방**

- 중국 상무회의(2014. 9)에서 중국택배시장 전면개방 발표, 해외 글로벌 물류기업 진출 가능

---

6) 1 SGD = 842.81 KRW 외한은행 2016.1.15. 매매기준율 적용

○ 전자상거래 시장 육성을 위하여 **주요 항만에 국제전자상거래 종합시험구*** **설치**

* 통관・세무・검사・금융 등 관련기관들을 모아 원스톱 서비스를 제공

제 2 절 국내외 시장동향 분석

1. 무인자동화 터미널 시장 현황

가. 국내 무인자동화 터미널 시장 동향

○ 국내 물류비 추이를 보면 수송비의 비중이 크고, 하역비의 연평균 증감률이 가장 높음

구분		수송비	재고유지 관리비	포장비	하역비	물류정보 관리비	물류비 총계
2001		58,241	17,996	1,744	1,140	4,543	83,663
2002		61,565	17,390	1,821	1,348	2,808	84,931
2003		69,696	14,830	2,017	1,257	2,315	90,114
2004		66,691	15,056	2,028	1,686	2,428	87,889
2005		72,269	16,332	2,081	1,809	3,301	95,792
2006		75,308	17,479	2,141	1,974	3,614	100,515
2007		79,183	20,609	2,298	1,991	3,398	107,479
2008		83,206	28,104	2,444	2,519	3,989	120,262
2009		84,836	26,311	2,529	2,169	394	116,238
2010		95,604	29,732	2,888	2,579	439	131,242
2011		104,033	33,898	3,203	2,910	5,611	149,654
2012		107,587	32,407	3,304	2,837	5,846	151,980
2013		100,986	32,633	3,452	2,885	5,856	145,812
2014		115,929	34,323	3,560	2,998	6,022	162,832
연평균 증감률	명목	5.86	5.09	5.64	7.72	2.19	5.55
	실질	2.65	2.3	4.93	4.11	3	2.66
전년대비 증감률	명목	8.13	5.18	3.13	3.92	2.84	7.1
	실질	5.89	-3.6	2.96	0.87	3.18	3.6

자료: 한국교통연구원(2016) 2014 국가물류비 조사 및 산정

<그림 2-4> 국가물류비 추이

○ 완전무인자동화 터미널은 기존 터미널에 비해 인건비, 동력비 등 운영비를 37% 이상 줄일 수 있고, 기존 항만에서 사용하는 디젤연료 대신 전기 동력의 친환경 하역장비를 사용함으로써 오염물질 발생을 최소화할 수 있음

○ 국내 운영중인 컨테이너 터미널은 모두 반자동화 항만으로 중국에 비해 1/2 수준임

- 국내 부산신항만, 인천신항의 주요 컨테이너 터미널은 야드작업에서만 자동화 야드크레인을 적용한 반자동화 수준임

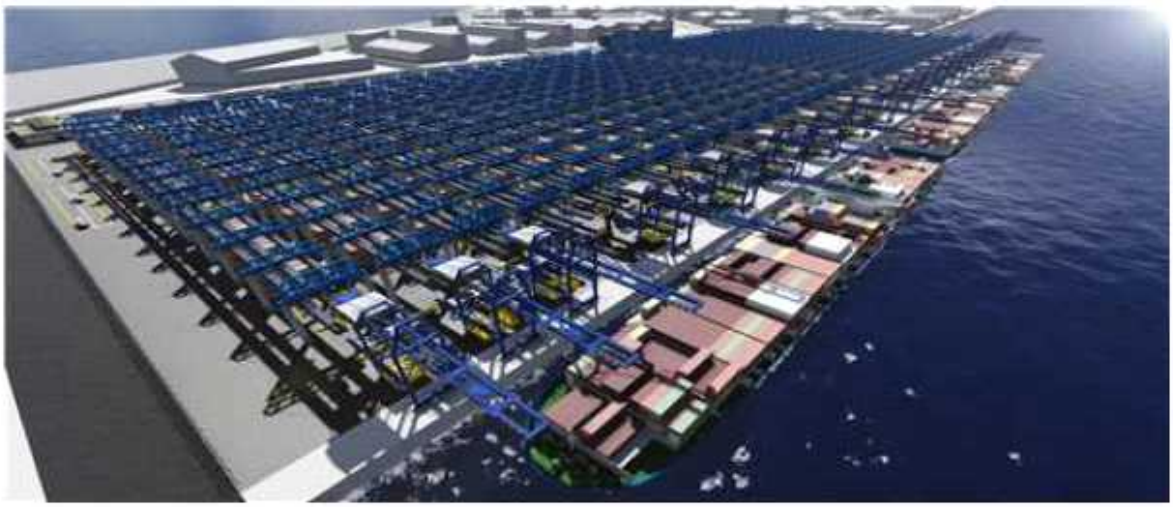
구분	자동화 수준	선박 하역작업	이송 작업	장치장 작업	주요 터미널
우리나라	반 자동화	· 유인운전 · 전기동력	· 유인운전 · 디젤동력	· 무인(원격)운전 · 전기동력	• 부산신항만컨테이너터미널(PNC) • 한진부산컨테이너터미널(HJNC) • 부산신항국제터미널(PNIT) • 현대부산신항만(HPNT) • 부산항신항컨테이너터미널(BNCT) • 인천선광신컨테이너터미널 • 한진인천컨테이너터미널
유럽 오세아니아 아시아	자동화	· 유인운전 · 전기동력	· 완전무인운전 · 전기동력	· 무인(원격)운전 · 전기동력	• (네)ECT, (독)CTA • (호)VICT, Patric터미널 • (중)Ocean Gate
유럽 미주 아시아	완전 자동화	· 무인(원격)운전 · 전기동력	· 완전무인운전 · 전기동력	· 완전무인운전 · 전기동력	• (미)LBCT, Trapac • (네)APMT, RWG 등 • (중)QQCTN,

주: VICT(Victoria International Container Terminal)

<그림 2-5> 세계 컨테이너 항만의 자동화 수준

○ 국내에서도 2025년 글로벌 Top2 환적허브 달성을 위해 정부를 중심으로 차세대 항만 구축을 추진 중임

- 항만물류 관련 국가계획에서 2025년 이후 차세대 항만구축을 계획 중임
- 해양수산부 및 한국해양수산개발원에서는 '완전무인자동화 하역시스템'을 구축하기 위해 기술개발을 추진 중임



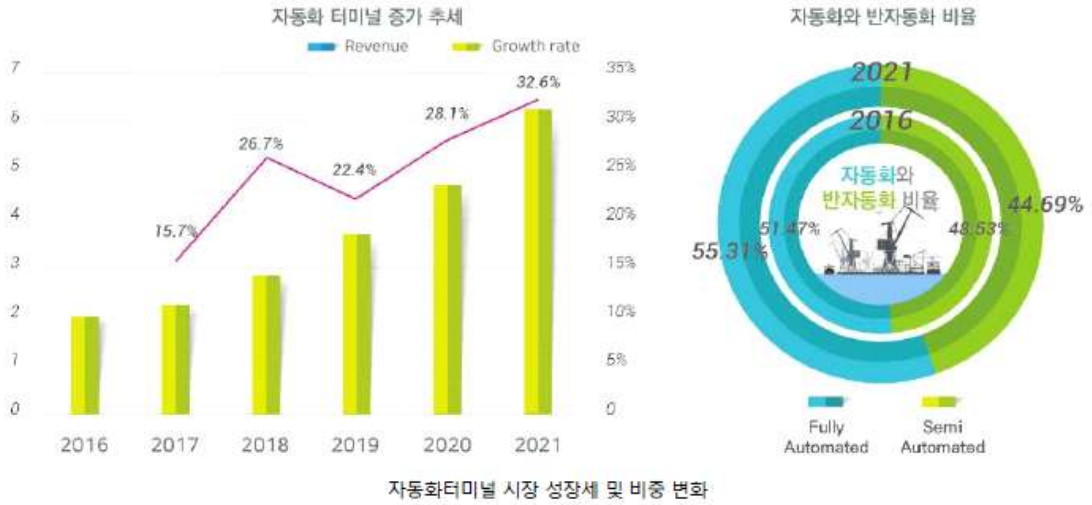
자료 : 한국해양수산개발원, 저탄소 자동화컨테이넡미널 기술개발, 2015~2017

<그림 2-6> 우리나라 차세대 완전무인자동화터미널(개발중)

나. 국외 무인자동화 터미널 시장 동향

○ 세계는 항만자동화의 보편화 시대로 진입하고 있고, 자동화 추세는 향후 5년간(2016~2021년) 연평균 25% 성장하고 완전무인자동화 터미널 비중이 높아질 전망임

- 2015년 이후 들어선 완전무인자동화 터미널에 비해 기술력은 뒤떨어지나 이미 유럽은 ECT(Euromax 등 4곳), 독일(CTA 1곳) 등 자동화 터미널을 운영 중임
- 2000년대 들어서면서 글로벌 항만운영사업자인 GTO들의 항만자동화에 대한 인식이 변화됨
- 테크나비오 2017 (Technavio 2017) 연구보고서에 따르면 반자동화터미널을 포함한 글로벌 자동화 컨테이너 터미널 시장이 2016년 20.4억 달러에서 2021년에는 62.2억 달러로 연평균 25% 성장할 것으로 예상함
- 그 중 2016년 완전무인자동화 터미널이 전체 자동화 터미널 중 51.47%를 차지하였으며, 2021년에는 55.31%로 더 늘어날 전망임



<그림 2-7> 자동화터미널 시장 성장세 및 비중 변화

○ 2015년 이후 글로벌 허브항만들은 완전무인자동화 컨테이너 터미널 건설을 앞 다투어 추진 중임

- 네덜란드 : APM 터미널, RWG(Rotterdam World Gateway)를 동시 오픈하여 '로보틱 항만' 시대를 선도
- 미국 : 2016년 4월 완전 무인자동화터미널인 LBCT(Long Beach Container Terminal)를 개장하여 운영 중임
- 싱가폴 : 차세대 항만인 TUAS에 2020년부터 2040년까지 65개 선석을 건설하모 모든 시스템을 완전무인화 자동시스템으로 운영 확정함
- 중국 : 청도 QQCTN 완전무인자동화터미널을 필두로 셔먼 오션게이트를 운영 중이며, 2017년 양산항 4단계를 오픈함으로써 항만 완전무인화를 지속 추진 중임

구분	항만	터미널 명	안벽길이	안벽장비	이송장비	야드장비
				RC QC	배터리 L-AGV	ASC
운영중	로테르담	AMPT	1,000M	8	62	54
		RWG	1,150M	11	59	50
	롱비치	LBCT	1,295M	14	70	72
	청도	QQCT (1단계)	1,320M (660M)	7	38	38
건설중	양산	양산항 (4단계)	2,350M	16	200	120
	싱가포르	TUAS항 (1~4단계)	26,000M	발주 준비 중		

주 1. RWG(Roterdam World Gateway), LBCT(Long Beach Container Terminal), QQCT(Qingdao Qianwan Container Terminal)

2. RC QC(Remote Control Quayside Crane), L-AGV(Lifting Automated Guided Vehicle), ASC(Automated Stacking Crane)

자료 1. https://www.rwg.nl/en/our-terminal/process, 2017.06.02.

2. http://www.apmterminals.com/en/operations/europe/maasvlakte/information/graphics, 2017.06.02.

3. 한국해양수산개발원 출장자료, 2017.03

4. 한국해양수산개발원, Shipping & Port KMI 월간동향, 2017.03

<그림 2-8> 해외 완전무인자동화 컨테이너 터미널 무인자동화장비 현황

2. 물류 운영 시장 현황

○ 과거 산업혁명이 기계가 인간의 육체노동을 대체하는 것을 의미했다면, 4차 산업혁명은 인간 고유의 산물로 여겨졌던 지식노동까지 대체 가능하다는 것을 의미함

○ 이를 반증하듯 각 분야를 선도하고 있는 구글, 아마존 등의 세계적인 기업들은 그동안 축적했던 빅데이터를 바탕으로 인공지능(AI)과 로봇, 사물인터넷(IoT) 등과 접목시켜 4차 산업혁명의 청사진을 그리고 있는 가운데 화물운송시장에서도 변화가 감지되고 있음

○ 현재 화물운송시장은 여전히 오프라인 중심으로 폐쇄적인 시장을 가지고 있지만, 변화의 물결에 따라 온라인으로 모든 시스템을 관제하는 체제로 바뀔 것이라는 의견이 지배적임

○ 4차 산업혁명이 가져다줄 화물운송시장의 큰 변화는 다음과 같음

① 오프에서 온라인으로 O2O 서비스 정착

- 4차 산업혁명의 대표 산업으로 꼽히는 O2O(Online To Offline) 기반 서비스가 숙박・배달 업계에 이어 화물운송시장에도 정착되고 있음
- 화주와 화물차주를 스마트폰 어플리케이션으로 연결해주는 고고밴, 라라무브 등이 출시 이후 가파른 성장을 보여주는 화물운송 O2O 서비스이며, 화주와 화물차주를 다이렉트로 연결해 주는 만큼, 수익성 측면에서 높은 평가를 받고 있음
- 향후 화물차주에 대한 일정 루트, 적재중량, 운송품목 등 일정량의 데이터베이스가 쌓이면, 화물차 위치정보서비스 등을 활용해 화물차주가 화물을 선택하는 것이 아닌 화주가 화물차주를 선택하는 형태로 바뀔 것이라는 전망도 나오고 있음
- 현재 국내에서도 화물운송을 전문적으로 다루는 O2O 서비스가 있지만, 화주와 화물차주를 바로 연결해주는 개방형 참여 방식이 아닌 국내 물류 환경 특성상 화주-주선사-운송사-화물차주로 연결되는 다단계적인 구조로 업무 효율성과 운송료가 분산된다는 점에서 일부 차이가 있음

② 경계 허물어지는 물류 - 유통시장

- 물류와 유통의 경계가 모호해지면서, 모든 시스템이 자동화 영역에 속해짐에 따라 모회사로부터 일감을 받는 물류 자회사의 역할이 축소될 것이라는 전망도 나오고 있음
- 4차 산업혁명에서는 물류와 유통을 연계한 보관설비, 운송장비 등 자동화 시스템을 갖추는 것이 필수적인데 물류 자회사가 이를 위한 막대한 투자를 하기보다는 3자 운송업체를 통해 보관부터 유통 그리고 인공지능을 통한 작업량 계산 등 최적화된 관리를 통해 업무효율성을 향상 시킬 것임
- 아울러 현재 상용차 브랜드의 역할은 제작・판매에 국한되고 있지만, 완전자율

주행 트럭이 상용화되면, 24시간 화물 운송이 가능한 만큼 브랜드들도 운송지연이 발생하지 않도록 24시간 서비스 전담을 통해 운송 업무를 지원할 것으로 예고되고 있음

- 또한 인공지능이 운전자의 역할을 대체할 경우 화물차도 더 이상 소유의 개념이 아닌 이용의 개념으로 인식전환이 됨에 따라 각종 금융 서비스의 연계는 물론 긴급배송 등 급히 일정에 없던 일감이 생길 경우 트럭 단기 렌트 등 운송업체의 업무 효율성을 높여줄 연계 서비스까지도 상용차 브랜드들의 책임질 몫으로 다가오고 있음

③ 자율주행으로 달라지는 배송 문화

- 운전자의 운전 시간은 약 10시간 수준으로 제한이 있지만, 자율 주행 트럭의 경우 휴게 시간 없이 24시간 운행 할 수 있어 장거리 배송 시간을 현재의 4분의 1로 줄이는 등 배송 시스템에 큰 혁신을 이룰 것으로 전망됨
- 이에 향후 고객들이 주문한 아이템을 가장 빠르게 배송할 수 있는 방법으로 자율주행트럭과 드론을 활용하는 방법이 최우선적으로 꼽힘
- 이와 관련 미국 최대 온라인 쇼핑몰 아마존은 2018년까지 장거리 주행이 가능한 자율주행트럭과 근거리를 담당할 드론으로 배송 서비스를 시행한다고 밝혔음
- 아마존은 20여 년간 이익에 관계없이 R&D와 서비스 확장에 많은 금액을 투자해 왔으며, 그 결과 빅데이터, 자동화 시스템, 인공지능 컴퓨터, 자율주행트럭, 드론 등 4차 산업혁명에 필요한 모든 것을 갖추었다는 평가를 받고 있음
- 세계 최대 차량공유 서비스업체 우버는 2015년 미국 피츠버그에 자율주행차량 연구소를 설립한데 이어 2016년 8월 자율주행트럭 스타트업 오토를 인수했으며, 기존 자율주행트럭과 달리 기존 화물 트럭을 그대로 이용하고 자율주행 시스템만 탑재하여 시범운행 중임
- 상용차 브랜드도 자율주행트럭 개발에 속도를 내고 있으며, 독일 하노버 2016 IAA에서 공개된 다임러트럭 비전 밴(Vision Van)은 적재에서 최종 배송까지 혁신적인 지능형 자동화 기술을 적용한 순수 전기 대형 밴으로 미래 운송 시장에서의 새로운 기준을 제시
- 국내의 경우 CJ대한통운은 향후 로봇을 통한 자동화 물류 센터를 선보일 예정이며, 향후 10년 내에 상용화될 것으로 보고 있음

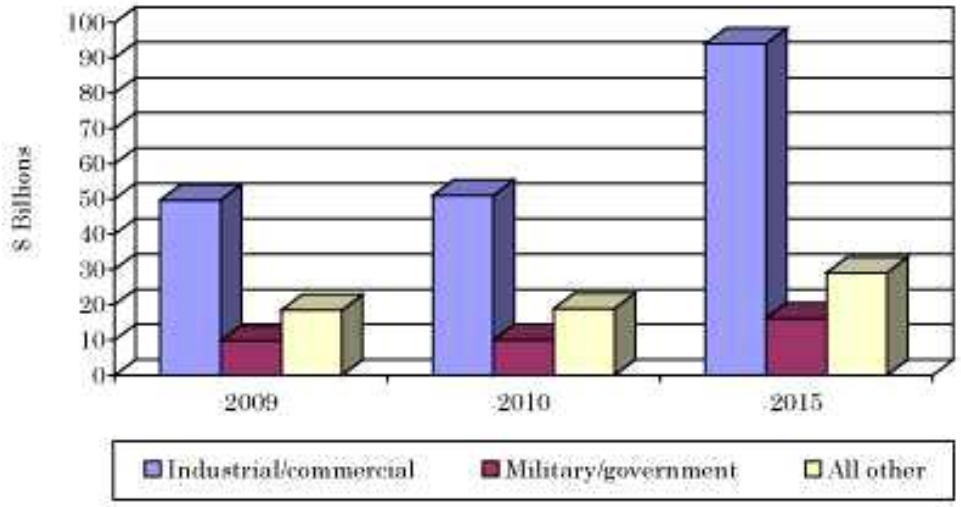
○ 안전감시/보안장비분야

① 2012년 全세계 보안장비시장(Security equipment market)은 810억 달러(약 90.9조원)로 年 7~9%씩 증가하는 추세임 (※ 출처 : Global security equipment market : $81 billion industry in 2012, companies and market, 2013).

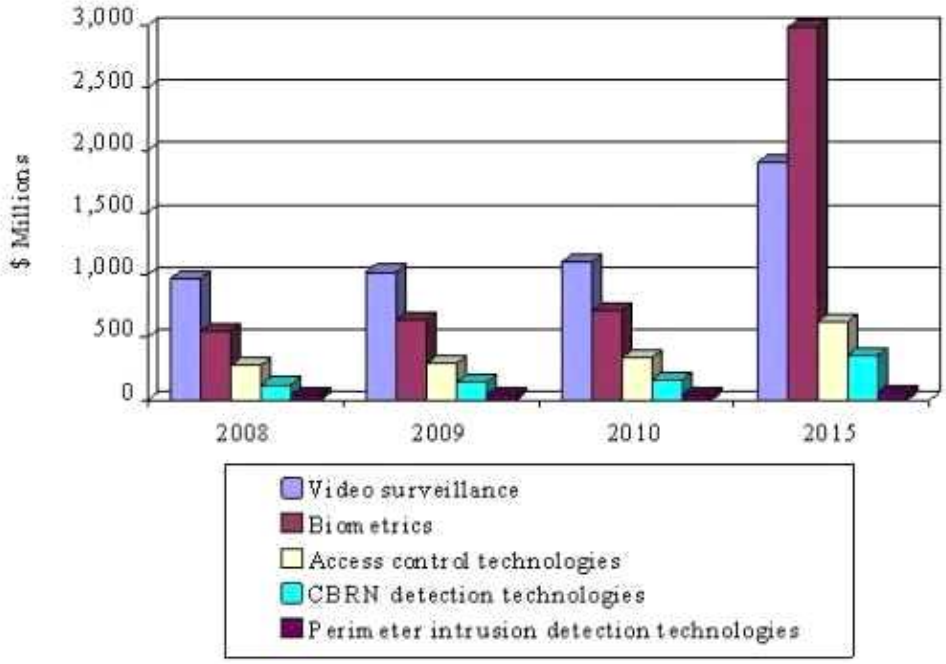
② 全세계 보안/감시장비시장은(Surveillance equipment market) 2009년 780억달러(약 87.5조원)에서 年평균 11.7% 성장하여 2015년에 1,392억달러(약 156.2조원)로 증가

될 것으로 예상됨, 이 중 가장 큰 부분인 산업/상업용 장비시장은 2009년 497억 달러(약 55.8조원)에서 年평균 13% 성장하여 2015년에 940억 달러(약 105.5조원)에 이를 것으로 예상됨 (※ 출처 : Surveillance and Security Equipment: New Technologies and NewMarkets, 2010, BCC Research).

③ 글로벌 수송용 보안기술은 2010년 23억달러(약 2.6조원)에서 年평균 20.4% 성장하여2015년에 59억달러(약 6.6조원)로 증가될 것으로 예상됨, 이 중 CCTV 등 비디오 감시(모니터링)기술은 2010년부터 年평균 11.6% 성장하여 2015년에 19억 달러(약 2.1조원)에 달할 것으로 예상됨 (※ 출처 : Security Technologies for Transportation Markets,2011, BCC Research).



<그림 2-9> Global Surveillance equipment market, 2015



<그림 2-10> Global Security Solution for the Transportation market, 2008~2015

○ 철도 위치검지 시스템 시장 현황 (PTC System)

① 북미(North America, 미국/캐나다)에서는 2008년 발효된 철도안전 진흥법에 의거 2015년까지 PTC(Positive Train Control) 시스템을 통해 연간 5만톤 이상의 승객과 화물을 운송할 계획임 (※ 출처 : Rail Outlook Study 2013~2022, Frost & Sullivan, 2013).

- PTC(Positive Train Control) 시스템을 통해 열차 간 충돌, 속도 증가, 작업자 안전등을 보호하여 철도 안전기술을 향상을 추진하고 있음.

※ PTC(Positive Train Control) 시스템 : PTC 서버와 작업자 터미널 간 PC 또는 모바일 기기를 통해 RF 데이터가 링크되며, GPS를 통해 온보드 장치를 탑재한 열차 위치를 추적할 수 있는 시스템

○ 철도차량 운영 및 유지보수 지원 기술 시장 현황

① 국내 철도산업의 현황

- 철도안전/운행사고가 지속적으로 발생하고 있으나 이에 대한 원인규명 및 재발방지를 위한 원천기술 부족. 관련 안전핵심장치에 대한 손상 메카니즘 원천기술이 필요
- KTX의 운행기간이 10년이 경과하면서 안전핵심장치 및 전자제어보드류의 열화가 진행되어 교체시가가 도래하고 있음. 이들 장치가 위험수준에 도달하기 전에 고장예지(Prognostics) 및 잔여수명(RUL : Remaining Useful Life) 예측이 필요
- 시간기반(주기적) 유지보수체계의 비효율성을 개선하기 위한 상태기반 스마트 유지보수체계(DRM)의 도입이 추진되고 있음. 상태기반 유지보수 (CBM : Condition Based Maintenance)의 핵심원천기술인 고장진단 및 예지기술(PHM : Prognostics and Health Management)이 필요
- 철도 PHM 기술을 세계적으로 선도개발하여 기술적/산업적 우위 선점이 필요함 (철도 지능형 모니터링 세계시장 규모 : 7.2조원/년)

② 국내・외 시장규모 및 전망

- 2013년도 세계 철도차량정비 시장규모 : 490억유료(73.5조)
- 2013년도 세계 신조 철도차량 규모 : 480억유료(72조)
- 세계 도시철도차량 년간 평균 정비비(량당) : 30만유로(4.5억)
- 철도 PHM 기술을 세계적으로 선도개발하여 기술적/산업적 우위 선점이 필요함.(철도 지능형 모니터링 세계시장 규모 : 7.2조원/년)

※ 출처 : Rail Vehicle Maintenance-Global trends in the After-sales Market (SCI/Verkehr GmbH, Berlin 2014)

- 차량 지능형모니터링 시장규모(신조차량의 10%로 추정) : 7.2조
- 2012년 국내 철도차량 정비비 : 1조 2,611억원

※ 산출근거 : 총영업비 8조 8,219억원 × 14.3% = 1조 2,611억원

③ 기술개발로 인한 기대효과

- 철도 안전핵심장치에 대한 사고 원인규명 및 재발방지를 통해 철도안전사고 20% 이상 감소효과가 기대됨
- 철도 안전핵심장치에 대한 고장예지 및 잔여수명 예측을 통해 유지관리비 20% 이상 절감효과가 기대됨
- 지능형 모니터링 핵심기술을 실용화 개발하여 세계시장선점을 기대함 (7.2조원/년)

3. 선형전동기 시장 현황

가. 국내 시장 현황

○ 최근 선형전동기(Linear Motor, LM)에 대한 요구가 점차 늘고 있는 상황임

○ 제조 현장으로부터 고속이면서도 높은 위치 정밀도를 가지면서 유지관리가 쉽고, 전체 시스템에서 기존보다 적은 수의 부품을 사용하여 시스템의 소형화와 최적화를 이루어야 한다는 요구가 끊임없이 이어지고 있음

○ 이러한 제조 현장으로부터의 요구에 적극 대처하기 위해 모션 컨트롤 장비 전문업체들은 지속적인 기술 발전을 누구보다도 앞서서 자신의 제품에 수용하고 시스템에 적용하고자 애쓰고 있음

○ 선형전동기에 대한 수요가 점진적으로 늘어나면서 고정밀 선형전동기 개발에 대한 요구도 점차 증가하고 있으며, 이에 기존의 모터 및 모션 컨트롤러 전문업체를 비롯하여 로봇 전문업체들의 선형전동기 개발 열기가 활기참

○ 특히 국내 선형전동기 시장은 FPD의 대표 산업인 LCD 분야에서의 고정밀 스테이지 및 이송 로봇에 대한 수요가 급격히 증가하면서 최근 수년 사이에 세계적인 기술력을 가진 전문업체를 육성하고 있는 중임

○ 현재 국내에서 수요되고 있는 선형전동기는 LCD 장비를 중심으로 큰 성장세를 보이고 있음

○ 국내 선형전동기는 한국야스가와전기, 순환엔지니어링, 파카코리아 등이 적극적인 시장 공략을 하고 있으며, 국산 개발 업체인 져스텍, 세우산전, DCT, 앤디텍 등도 삼성전자 , LG전자에서의 대량 수요 시장을 기반으로 점차적인 시장 및 기술 확보를 가속화하고 있음

○ 로봇 전문 개발업체인 다사테크도 선형전동기 및 스테이지에 대한 본격적인 진출에 착수한 것을 비롯하여, 리니어 모션 가이드 전문업체인 삼익LMS도 고추력 철심형 선형전동기 개발에 적극적으로 나서고 있으며, 현대 엘리베이터를 국내 최대의 엘리베이터 강자로 키워내는데 기반이 된 엘리베이터용 서보 모터를 개발했던 코모텍도 선형전동기 개발에 큰 관심을 보이고 있음

○ 져스텍, 세우산전을 중심으로 일본으로의 선형전동기 및 리니어 모션 시스템에 대한 수출이 진행되고 있으며, 대만 및 중국 시장으로의 진출도 가시적인 성과를 보이고 있음

○ 2009년 국내 선형전동기 시장은 약 168억원 규모였으며, 2013년에는 335억원 규모로 시장이 확대됨 (※ 2013년 예측치는 2002년~2006년 기간의 CAGR 18.9%(국내시장)를 적용함)

<표 2-1> 선형전동기 국내외 시장규모 (단위 : 대, 백만원)

구 분 \ 년 도	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년
세계시장	113,906	128,144	144,162	162,182	182,454
국내시장	16,808	19,984	23,760	28,250	33,589

(자료 : 한국기계연구원)

나. 국외 시장 현황

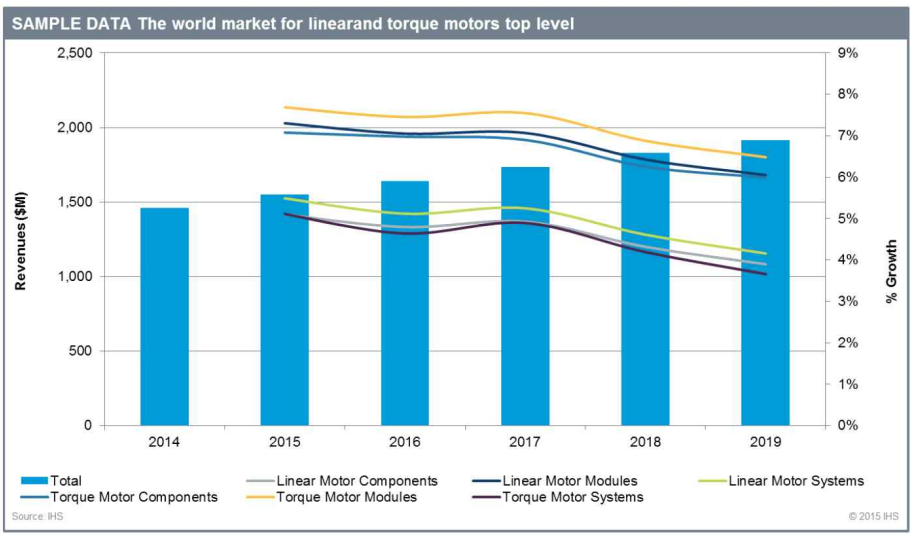
○ 2009년 세계 선형전동기 시장은 약 1,139억원 규모였으며, 2013년에는 1,824억원 규모로 시장이 확대됨

※ 2013년 예측치는 2002년~2006년 기간의 CAGR 12.5%(세계시장)를 적용함

○ 국외 선형전동기 시장의 높은 점유율을 보유하고 있는 일본의 경우, 2009년에 17만대에서 2013년에는 35만대에 이름. 2006년도 '야노경제연구소(일본)'의 자료에 의하면, 2005년도 산업용 선형전동기 시장의 매출규모는 모터단품 및 1축 리니어 테이블, 리니어 XY 스테이지 판매분을 더하여 전년대비 121.5%인 308억엔으로 조사됨

○ 선형전동기는 2003년도부터 급성장기를 맞아 2005년도 까지 약 200%의 급성장을 보였으며, 이는 액정 관련으로의 대응이 급속하게 진행되었기 때문으로, 특히 박형 TV 시장의 급신장과 연동하여 수요가 증가함

○ 선형전동기 단품과 1축 리니어 테이블 뿐 만 아니라, 리니어 조립 XY 스테이지 등 장치형의 고부가가치 응용제품의 수요가 크게 증가하고 있어, 동분야용 선형전동기 시장 확산이 지속적으로 상승할 것으로 전망됨



<그림 2-11> 선형전동기와 회전형 전동기의 세계 시장 현황

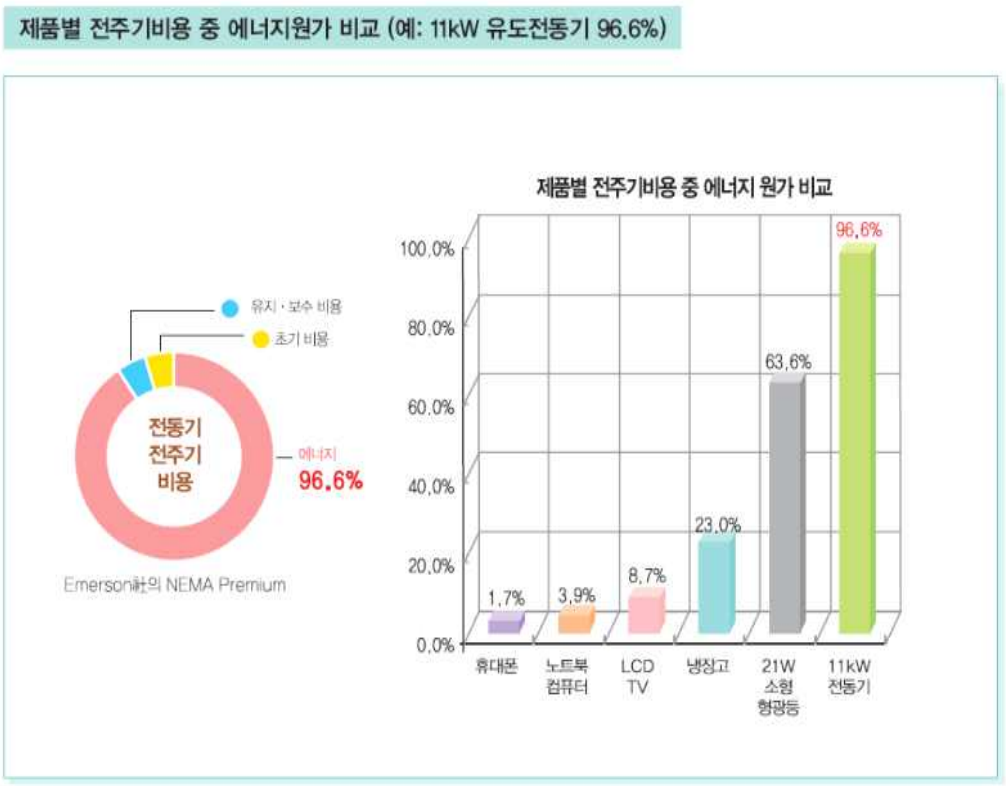
4. 회전형전동기 시장 현황

가. 국내 시장 현황

○ 3상 유도전동기 시장 현황

- 현재 전동기의 경우 전체 전력 소비량의 약 46%를 차지하고 있으며, 유도전동기의 경우 전체 전동기 사용의 70% 이상을 차지

- 에너지 다소비기기 중 전주기비용(제품의 초기 구입, 유지, 보수, 폐기까지 전주기 동안의 총비용)에서 에너지가 차지하는 비중이 96% 이상으로 가장 큰 품목임

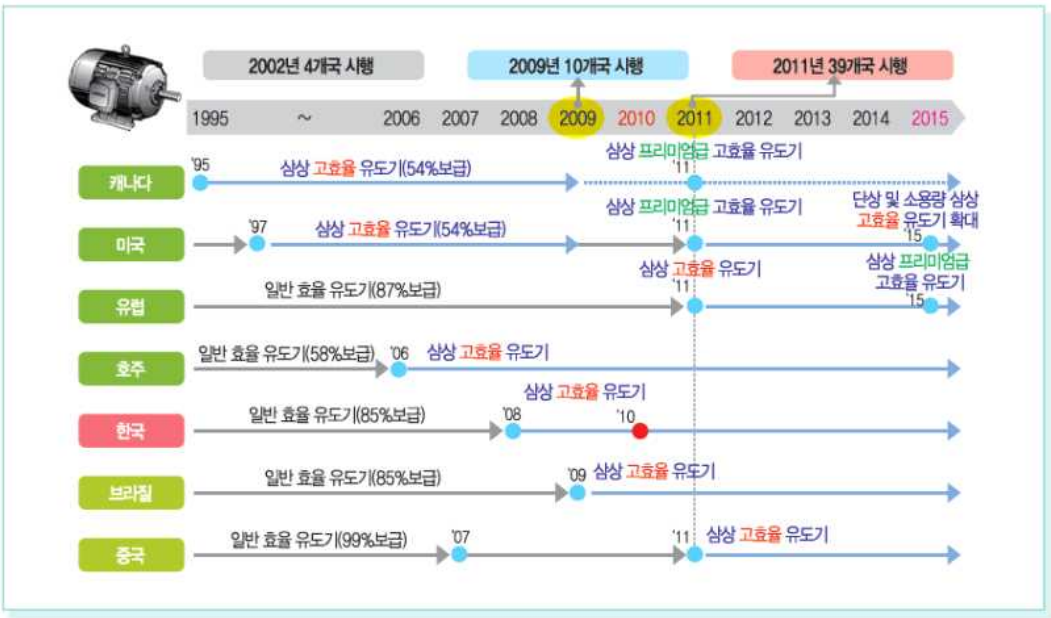


<그림 2-12> 전동기 전주기 비용 내 에너지 차지 비중

- 국내의 경우 고효율 전동기의 보급을 활성화기 위한 대책으로 2008년부터 IE2 기준의 고효율 전동기 최저효율제를 본격적으로 시행 중 (2011년부터 8극 모델까지 확대 시행)

- 고효율 전동기를 포함한 산업용 교류 전동기를 중심으로 국내시장 현황을 분석해보면 2015년 유도전동기 국내시장은 7,497억원 규모로 추산됨

국내 · 외 고효율 전동기 최저효율제 시행 현황 (프리미엄급으로 강화 추세)



<그림 2-13> 국내외 고효율 전동기 최저효율제 시행 현황

※ 자료출처 : 온실가스감축기술 전략로드맵 2011, 전동기, 지식경제부, 한국에너지기술평가원

- 효성, 현대, 하이젠 등 대기업 및 중견기업에서는 37kW 이상 중대형 용량을 중심으로 생산하고 있으며, 을지, 신명 등 중소업체에서는 37kW 이하 중소형 용량을 중심으로 생산하고 있음

- 국내시장의 경우 내수 생산보다 수입 금액이 많으며, 수입이 수출의 약 3배 이상을 차지하고 있음

국내 교류 전동기 수출입 현황

(단위:천 달러)

수출입 동향 및 전망					
구분	2007년	2008년	2009년	2010추정	2011전
수출	123,478	161,529	135,709	124,735	137,209
수입	240,422	307,519	367,495	399,127	448,618

자료 출처 : 2011년 전기산업 경기전망 (한국전기산업진흥회, 2010)

<그림 2-14> 국내 교류전동기 수출입 현황

- 전체 전동기 수입 금액은 약 5,000억원에 달하고 있으며 전체 시장으로 볼 때 유도전동기의 시장이 거의 대부분을 차지하고 있음

- 기술력 부족으로 고성능·고효율 ·고정밀 전동기 수입이 많아 심각한 무역 적자 현상을 나타내고 있어 향후 전동력 분야의 체계적인 기술 투자가 필요함

○ 영구자석형 동기전동기 시장 현황

- Rotary Indexer, Turret, 로봇 암, 반도체 장비 제작 분야의 시장이 확대됨에 따라 전용 제어기와 결합된 가공설비와 고정밀기기·고정밀, 고신뢰성을 갖는 영구자석형 동기전동기 시스템의 수요가 확대되는 추세임. 국내 약 600억, 해외 약 2,000억 규모 시장이 형성됨

- 공작기계와 달리 상대적으로 낮은 출력 토크 범위의 제품들이 사용되는 반도체, FPD 분야를 중심으로 영구자석형 동기전동기 수요가 증가 추세에 있음. 국내 업체 중에서는 저스텍과 LS메카피온에서 최근 토크 50Nm이하 출력 1kW 이하의 영구자석형 동기전동기 제품을 출시하였으나, 응용시스템이 FA 및 반도체, FPD 분야에 편중된 제품들로 출력 토크의 범위가 높지 않아서 다양한 산업분야에 적용하기에는 한계가 있음



<그림 2-15> 저스텍사 JTR24 시리즈

- 공작기계, 사출기 및 프레스 등 다양한 제조 설비산업분야에서 기존의 유압 등의 기계식 동력구조가 전동기를 사용한 동력 구조로 전환되어 대용량화 되는 추세임. 이것으로 말미암아, 핵심부품인 고출력 전동기의 수요가 증가하고 있으나, 대부분 일본 또는 독일 등의 선진국 제품을 수입하여 사용하고 있음

○ 회전형 전동기 구동용 인버터 시장 현황

- 전세계적인 에너지 소비의 지속적인 증가로 인한 자원고갈 및 환경문제가 주요 이슈로 부상되고 있으며, 이에 따른 에너지 절감 및 에너지 사용의 효율성을 향상시키기 위한 방안으로 인버터의 수요는 계속 높아지고 있음. 특히 최근 원전 가동중단으로 인한 전력수급의 불균형에 따른 에너지 효율이 중요시 되고 있음.

- 현재 인버터로 구동 가능한 3상 유도전동기는 전체 국가전력의 40%, 제조업 현장 산업전력의 70%를 사용하고 있어 전력소비량이 큰 비중을 차지하고 있지만 현재 국내 인버터 도입 비율은 약 6%에 불과함.

- 한국전력은 고효율 인버터 보급지원제도를 실시하면서 보급에 앞장서고 있으며 국내업체로는 LS산전, 삼성전자, 현대중공업, 포스코ICT 등 4개사가 자체기술로 고효율 인버터 개발을 완료하고 한국전기연구원의 시험을 통하여 인증을 획득하는 등 기술개발에 앞장서고 있음. 고효율 인버터 보급을 통한 전력 절감효과는 2010년 이전 35만kW이며, 2010년 64만kW, 2015년에 84만kW의 전기에너지를 절감함.

- 고효율 인버터를 적용한 부산교통공단의 경우 부산지하철 1호선 역사내 급배기 팬에 3.7kwh-75kwh 용량의 인버터 41개를 설치하여 31.5%의 에너지 절감효과를 보고 있으며, 부산교통공단은 총 21억을 투자하여 연간 6.8억의 전기료를 절감하여 3년 뒤 투자비를 회수할 수 있을 것으로 기대됨.

- 국내 인버터 시장에서는 엘리베이터, 공작기계, 컨베이어 구동, 가변속 운전과 무정전 전원장치, 형광등의 안정기 등에 주로 사용된 적용범위를 기술발전에 따른 가전에 적용하여 소비전력을 30-40% 가량 절감하고 있음.

나. 국외 시장 현황

○ 유도전동기 시장 현황

- 미국, 캐나다 등 선진국에서는 90년대 들어 고효율 전동기의 생산 판매를 의무화하는 최저효율제 (MEPS) 정책을 시행 중. 2011년부터 효율 기준 및 적용 대상 모델을 확대하여 IE3 프리미엄급 고효율 전동기 최저효율제 시행 중

- 유럽연합(EU)에서는 전동기 효율 기준을 IE4(슈퍼프리미엄급 고효율), IE3 (프리미엄급 고효율), IE2(고효율), IE1(일반효율) 4종류로 나누어 고효율 전동기 최저효율제를 시행 중 (IE2급, 2011). EU는 2011년 6월부터 2017년까지 3단계에 걸쳐 적용을 확대하기로 하고, 2015년에는 7.5~375kW급 전동기, 2017년에는 0.75~375kW급 전동기가 IE2~IE3 등급을 만족시켜야 함

- 중국은 2011년부터 MEPS를 시행 중이며, 일본과 인도는 강제규정이 아니라 자발적인 기준으로 시행하고 있음

- 향후 프리미엄급 전동기로 최저효율제 효율기준이 강화되어 감에 따라 리베이트 대상의 슈퍼프리미엄급 고효율 전동기에 대한 수요 또한 지속적으로 증가할 것으로 예상됨. 산업용 교류 전동기를 중심으로 2015년 유도전동기 세계시장은 약 380,800억원 규모로 추산됨

○ 영구자석형 동기전동기 시장 현황

- 공작기계, 전동프레스 인덱서 등 고출력 소요 동력 부분의 영구자석형 동기전동기화 추세에 있음. 특히, 최대출력 1,000kW, 토크 및 속도범위 37,000N.m, 1,000rpm급

상용 제품 공급, 기계 및 유압장치 부분의 하이브리드 유압식 및 전동식으로 교체되고 있음

- 전동기 분야의 선진국인 일본의 영구자석 동기전동기 수요 분야와 기업 분포는 아래와 같음. 일반 서보전동기의 연평균 성장률은 7.7% 정도이나, 기존의 정밀기기 또는 자동화 시스템에서 기계장치의 소형화, 경량화 요구의 증가로 인해 영구자석형 동기전동기의 성장률은 13.7%에 이름

직구동 전동기 시스템 수요분야 및 공급기업

수요분야	직구동 서보전동기 (대)					
	FANUC	Shinko-elec	Yokogawa	NSK	CKD	합계
공작기계	2,000					2,000
칩 마운터		60				60
반도체 액정제조장치		120	8,000	7,500		15,620
전동사출형성기		120				120
반송기계			1,200	5,200		6,400
인쇄기계		20	1,000			1,020
기타		10	6,500	2,700	2,500	11,710
합계	2,000	330	16,700	15,400	2,500	36,930

자료 출처 : 회전형서보시스템 ((유)데이타기술연구소, 2007)

<그림 2-16> 영구자석형 동기전동기 시스템 수요분야 및 공급기업 현황

○ 회전형 전동기 구동용 인버터 시장 현황

- 유럽은 최초로 전철시스템이 도입된 지역으로서 차량시스템 개발의 역사가 길고 그 기술개발 내용도 다양하며 가장 선두를 달리고 있음. 특히 기초소재 및 물성연구의 발달로 고효율, 소형 경량화 측면의 기술발전에 많은 공헌을 하고 있음. 그리고 경전철, 교외선, 고속전철 분야에서도 많은 차량시스템을 보유하면서 frameless 구조의 견인전동기, skewed aluminium cast형 견인전동기 및 냉각방식 연구에도 최신기술을 보유하여 진동, 소음의 현저한 감소, 전동기내부발열 억제 및 먼저나 분진에 의한 운전장애 해소 등을 통해 견인전동기의 소형화 및 고출력화를 가속화 해가고 있음. 대표적인 유럽의 인버터 제작사로는 SIEMENS, GEC/ALSTHOM, AD Tranz, ANSALDO 등이 있음.

- 일본의 철도역사는 100년을 넘고 있으며 고속전철 분야를 자체개발하여 신간선을

완성 하였으며, 최근 최고시속300km/h에 이르는 신고속철도를 운할할 정도로 상당히 우수한 기술력을 인정받고 있으며, 특히 MT비의 저감을 위한 꾸준한 노력과 연구를 진행하면서 차체를 알루미늄 프레임으로 완성하고 지금은 No-frame과 최고속도 향상에 주력하여 최근의 209계열 열차는 34%의 차량중량 감소와 회생율을 실현하여 전력비 절감과 운전 최고 속도에서 10% 향상을 가져왔음.

- 국내에 도입된 지하철용 기종과 유사한 전동기에 대한 연구이력을 보면 오사카 교통국 주도로 도시바, 히다찌, 미쯔비시 3사가 공동 개발하여 정격 DC750V/610kVA급 GTO 인버터와 160kW급 견인전동기를 완성하였으며, 곧이어 1984년에 DC1500V/1350kVA급 GTO 인버터로 160kW 견인전동기 4대를 병렬 운전하는 인버터 구동시스템을 개발하였음. 그리고 1987년에는 신간선용 DC1900V/1760kVA급 인버터와 330kW/1450V 정격의 유도전동기를 적용한 추진시스템 개발 등을 착실히 진행하였음. 또한 자기소음 감소와 냉각팬 최적화에 대한 연구도 상당 수준 진행되고 있으며, GTO보다 더 높은 고주파에서도 스위칭이 가능한 IGBT소자를 사용한 인버터를 개발하여 대폭적인 소음감소와 운전성능 향상을 도모하고 있음.

- 경량전철의 경우, 현재 독일 지멘스와 캐나다 봄바르디아 두 회사가 전세계 차량 공급을 주도하고 있으며, 프랑스의 알스톰이 괄목할만한 성장을 이루고 있음

- 고속철도의 경우, 속도향상에 따른 궤도 부담하중의 최소화를 위해 차량시스템의 축중 감소 기술 개발에 주력 중이며 일환으로 전장품을 비롯한 추진시스템의 경량화를 추진 중 또한 열차의 성능향상을 위해 신규 차량 단계부터 표준화된 모듈시스템을 적용하고 있음

- 프랑스의 경우, TGV-POS의 견인전동기는 0.862kW/kg의 출력밀도를 가지는 3상 유도전동기를 채용하였으며, 다음 세대 AGV는 1kW/kg의 출력밀도를 달성하였음

- 독일의 ICE 경우, 일본의 신간선과 같이 PWM 방식의 컨버터와 전압형 인버터 방식으로 견인전동기는 유도 전동기(농형)방식을 채택하며, 반도체 소자는 GTO Thyristor를 사용하고 있음

<표 2-2> 일본에 운행중인 전기철도 차량 및 인버터 특성

차종		103계	201계	205계	207계	209계
MT비		6M4T	6M4T	6M4T(5T)	6M4T	4M6T
차량중량 (자중 ton) (10량 편성시)		361.1 (100%) MILD 강	376 (103.6%) MILD 강	294.5 (81.1%) 스텐레스 강	299.9 (82.6%) 알루미늄	240.7 (66.2%) 스텐레스 강
성능	출력(kW)	880x3unit	1200x3unit	960x3unit	1200x3unit	760x3unit
	인장력(KN)	84.8x3	81.4x3	87x3	87x3	53.1x3
치차비		6.07	5.6	6.07	7.07	7.07
최고속도(km/h)		100	100	100	100	110
제어방식		직병렬조합 저항제어 약계자 발전브레이크제어	사이리스터 초퍼제어 약계자 회생브레이크	직병렬조합 저항제어 계자첨가여자 회생브레이크	VVVF 인버터제어	3단계 VVVF 인버터제어
회생율 (회생/역행)		-	-	25.9%	-	33.8%
브레이크방식		SELD발전 브레이크 전자직통 브레이크	SELR회생 브레이크전자 직통브레이크	회생브레이크 전기지령공기브레이크	<==	<==
주전동기	형식	MT 55	MT 60	MT 61	MT 63	MT 68
	출력(kW)	110	150	120	150	95
	정격전압(V)	375	375	375	1100	1100
	정격전류(A)	330	445	360	100	68
제조년도		‘64	‘79	‘85	‘86	‘91

제 3 절 국내외 기술동향 분석

1. 물류 운영 최적화 기술

○ 친환경 컨테이너 이송시스템을 위한 운영 최적화 기술은 내륙물류기지 및 배후물류단지의 무인 자동화 물류체계 구축을 위해서는 필수적으로 요구됨

○ 국내에서는 도로, 항공, 철도 등 다양한 분야에서 시스템의 운행 현황 (객체의 위치, 속도, 상태 등)을 파악하기 위한 모니터링 위주의 관제 센터가 구축되었으나 최근에는 시스템의 상태 검지를 통한 진단 및 유지보수 지원, 원격 제어 등으로 운영 최적화 기술 영역이 확대되고 있음

○ 최근 각 산업 분야에서 운영 최적화를 위한 통합 관제 센터의 주요 기능(컨테이너 이송 시스템 중심)은 다음과 같이 요약할 수 있음

① **운영 상황의 실시간 확인을 통한 의사결정 능력 향상**

- 의사 결정 능력을 향상하고 컨테이너 이송 시스템의 서비스 전반의 안전과 효율성을 높이기 위해 시스템 운영에 차세대 멀티미디어, 지능형 관제 및 제어 기능의 적극 활용 요구
- 이송 시스템 운영의 안전을 확보하기 위해서는 이송체 위치, 이동 (운행, 정지) 권한, 운행 스케줄에 대한 실시간 모니터링이 필요하며, 안전하게 서비스를 관리하고 이송체의 속도를 높이고 배차 간격을 최소화 및 최적으로 조정하기 위해 선로변 및 이송체 장비의 원격 제어가 필수적
- CCTV 비디오 모니터링, 보안 시스템 및 침입 경보와 같이 컨테이너 이송체 운행 외에도 관제 센터가 관리해야 할 운영 요소에 대한 지원
- 통합 관제 및 제어 애플리케이션 플랫폼은 관제센터, 통신 콘솔, 비디오 관리 시스템, 실시간 데이터 분석 시스템과 실시간 통합 정보 송수신을 제공해 이를 기반으로 더욱 나은, 보다 최선의 의사결정이 가능
- IoT 기술을 활용한 다양한 시스템과의 통신, 시스템으로부터 전송되는 정보 및 리소스 관리, 철저한 정보보증과 보안감사 추적 등 모든 데이터 및 비디오 통신 기록
- 실시간 분석 및 단일 쿼리 검색 기능을 통해 보다 나은 의사결정을 지원하고, 전사적 업무 효율성을 확보 및 보다 효율적인 정보 공유

② **지능형 비디오 감시와 예측형 분석**

- 지능형 비디오 감시 솔루션은 실시간 영상과 예측형 분석 기능을 통해, 컨테이너 이송 시스템 운영에 대한 보다 나은 의사결정을 내릴 수 있도록 지원
- 비디오 감시 솔루션은 중요 이송체 및 인프라 구조물의 안전을 확보해 주는 동시에 카메라를 통해 이송체, 선로, 전철기 상태 등을 확인할 수 있게 하는 등 컨테이너 이송 시스템 운영 전반에 대한 통합 감시 체계를 제공
- 관제 환경에 지능 정보 및 데이터의 자동 분석 기능을 도입함으로써, 각종 정

보를 종합하고 실시간 컨테이너 정보, 이송체 및 선로 구조물 감시, 신호 및 센서 네트워크, 비디오 감시, 경로 설정 시스템 등에서 전송되는 방대한 양의 데이터 분석을 지원

- 예측 기반의 유지 관리(RAMS)와 지속적인 개선 방법론을 활용함으로써 최고 수준의 서비스와 성능을 지속적으로 달성

○ 친환경 컨테이너 이송시스템을 위한 운영 최적화 기술은 관제센터, 컨테이너 이송체 및 인프라에 설치되어 효율적인 무인 자동화 기술을 현실화하기 위한 IoT기반 응용기술과 관제센터에서 다양한 의사결정에 기초하여 무인 자동화를 뒷받침하기 위한 네트워크기반 운영관리 모델 기술이 필요

① **IoT기반 응용기술**은 컨테이너 이송체와 인프라의 모든 요소들을 유기적으로 연결하는 연결성(Connectivity)을 기반으로 실시간 컨테이너 이송체 위치 확인 및 제어 기술, 이송시스템 주요 구동부 상태 확인 및 이상 시 경고 기술, 무인 자동화 서비스가 가능한 IoT 기반 인프라 DB 설계 및 빅테이터 활용서비스 기술을 포함하고 있으며, 이를 위해 운영 및 관리 최적화 기술과 통제기술을 포함한 핵심요소기술이 필요

② **네트워크기반 운영관리 모델 기술**은 컨테이너 이송시스템의 원활한 운영 및 효율적인 관리를 지원하기 위한 기술로서, 컨테이너 이송시스템 운영 네트워크를 통해 수집된 빅데이터를 기반으로 OD 기반의 실시간 최적경로 설정 및 이송체 배치/배정/순서제어 등을 포함하는 경로추전 시스템과 운영 효율화를 위한 진단 및 모니터링 기술을 포함하는 핵심요소기술이 필요

○ 보안업체 에스원이 2012년 선보인 '유비스(UVIS : Ubiquitous Vehicle Information System, 차량운행관리시스템)'는 버스, 택시, 법인차량 등 각종 차량에 디지털운행기록계 (DTG : Digital Tacho Graph)를 장착하여 수집된 정보를 기반으로 차량의 위치, 운행상태 등을 원격으로 실시간 모니터링하는 관제시스템. 세부 기능으로 차량의 실시간 위치조회, 운행경로 조회, 유류 사용량 조회 및 관제 대상 차량 정비・대기・배차중・미반납 등 현 시점의 상태를 조화할 수 있음.

○ 2016년 6월 출시된 트리포스의 '전령'은 화물차나 버스 등 기업 소속 차량의 급가속, 급정거, 공회전, 회전속도(RPM), 브레이크 상태, 위치, 연비 등을 모니터링하면서 운전 효율성과 환경 개선을 유도하는 솔루션. 에스원의 유비스와 마찬가지로 디지털운행기록계(DTG)를 기반으로 하며, 현대모비스, LG그룹 등을 포함 50여개 기업 3,000여대 차량에 서비스 중임. 도로교통안전법에서도 화물차를 포함한 여객과 화물 운수사업용 차량은 디지털운행기록계(DTG) 장착과 운행기록 제출을 의무화하고 있음

○ 서울시는 2012년부터 시내 모든 택시의 운행정보를 실시간으로 관리하기 위한 목적으로 'STIS: Seoul Taxi Information System, 서울택시정보시스템'을 구축하여 운영하고 있음

- 디지털 운행기록계는 자동차의 속도, 주행거리, 시간 , 브레이크 신호의 감지, GPS를 통한 위치 추적, 주행거리, 교통사고 상황 등의 차량 운행 데이터를 기록
- 운전자의 정보, 차량 상태, 현재 위치, 운행기록 등을 실시간으로 파악

○ 교통안전공단은 택시요금미터기 및 디지털 운행 기록장치에 기록된 정보의 수집·관리를 통하여 정부 및 지자체의 효율적 택시정책 수립 지원 및 교통사고 예방 등에 활용할 목적으로 'TIMS: Taxi Information Management System, 택시운행정보관리시스템'을 구축하여 운영하고 있음

- 주요 정보로는 승차일시, 승차거리, 영업거리, 요금정보, 위치정보, 속도 및 가속도, 주행거리, 분당회전수(RPM) 등

○ 국내 경전철 노선은 무인운전시스템이 보편화되고 있으며, 열차 운행에 관련된 모든 상황을 관리하기 위해 종합관제센터(OCC : Operation Control Center)가 설치·운영되고 있음



<그림 2-17> 무인운전시스템의 원리 : 양방향 무선통신(CBTC)

① **종합관제센터의 원격제어 기능**
- 차상장치 운행 및 열차상태정보 전송
- 실시간 감시 및 원격제어 기능 (열차운행, 회차, 주박 등 자동실행)
- 직접 안내방송 가능

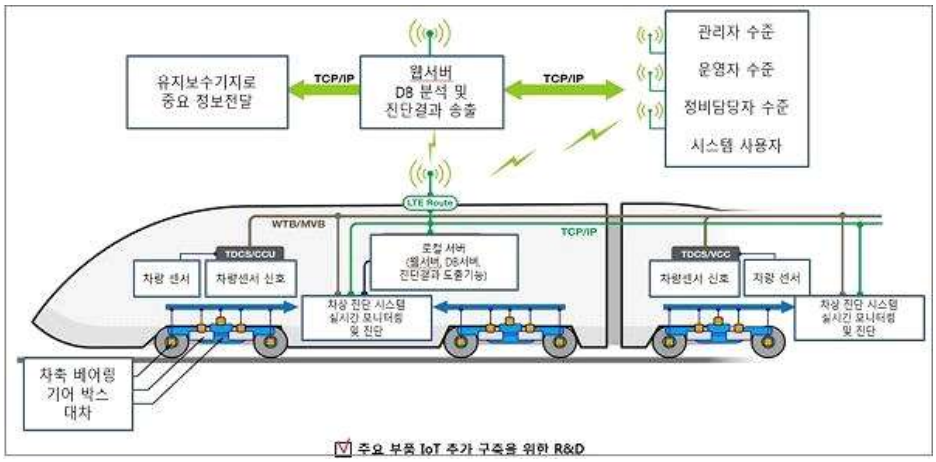
② **안전장치**
- 승강장 : PSD, 비디오폰 차상장치 운행정보 전송
- 차량내 : 비상탈출문, 화재감지기, CCTV, 비상인터폰등
- 선로 지장물 감지 및 탈선 감지 기능

○ 코레일은 IoT기술을 활용하여 운행 중인 모든 열차를 실시간 모니터링하고, 상태기반 유지보수시스템(CBM, Condition Based Maintenance)을 구축하여 열차 안전을 확보하고 정비성를 강화하고 있음

① **상태기반 유지보수 -** 각종 센서(Sensor)와 IoT 기술을 활용하여 열차 주요 장치를 실시간 원격 감시함으로써, 운행 중 이례사항을 사전 예측, 대비하고 빅데이터(Big Data)를 분석하여 정비주기를 최적화하는 가장 선진화된 유지보수 방법. 추

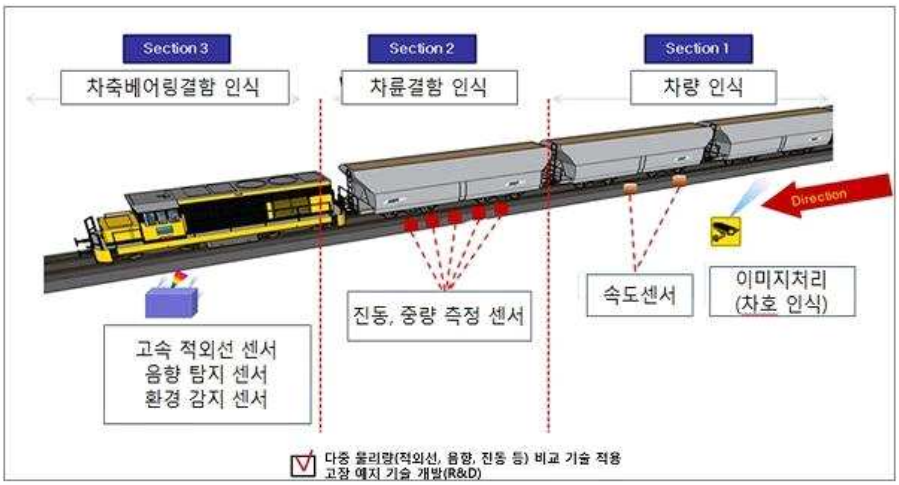
진 방법으로는 열차 내 주요장치에 직접 센서를 부착하고 IoT를 활용하여 실시간 감시하는 방법(차상車上 CBM, On Board Detector)과 궤도 주변에 센서 및 IoT를 설치하여 원격 감시하는 방법(지상地上 CBM, Wayside Detector)이 있음

- **차상 CBM 방법**은 열차의 주요장치(차축 베어링, 기어박스, 대차 등)에 직접 센서를 부착하고 IoT를 활용하여 실시간 상태 정보를 철도관제센터, 차량기지, 기관사 등과 공유하는 한편, 자체 개발한 신뢰성분석시스템(RCM)으로 연계하여 최적의 정비주기를 예측



<그림 2-18> 차상 열차 상태기반 유지보수 (CBM) 기술

- **지상 CBM 방법**은 운행 선로 주요 지점에 고속촬영 및 열화상 카메라를 설치하고 운행 중인 열차 하부를 고속 촬영하여 주요 부품의 발열 상태, 이상여부 등을 실시간 감시, 점검하는 스캐닝시스템 구축



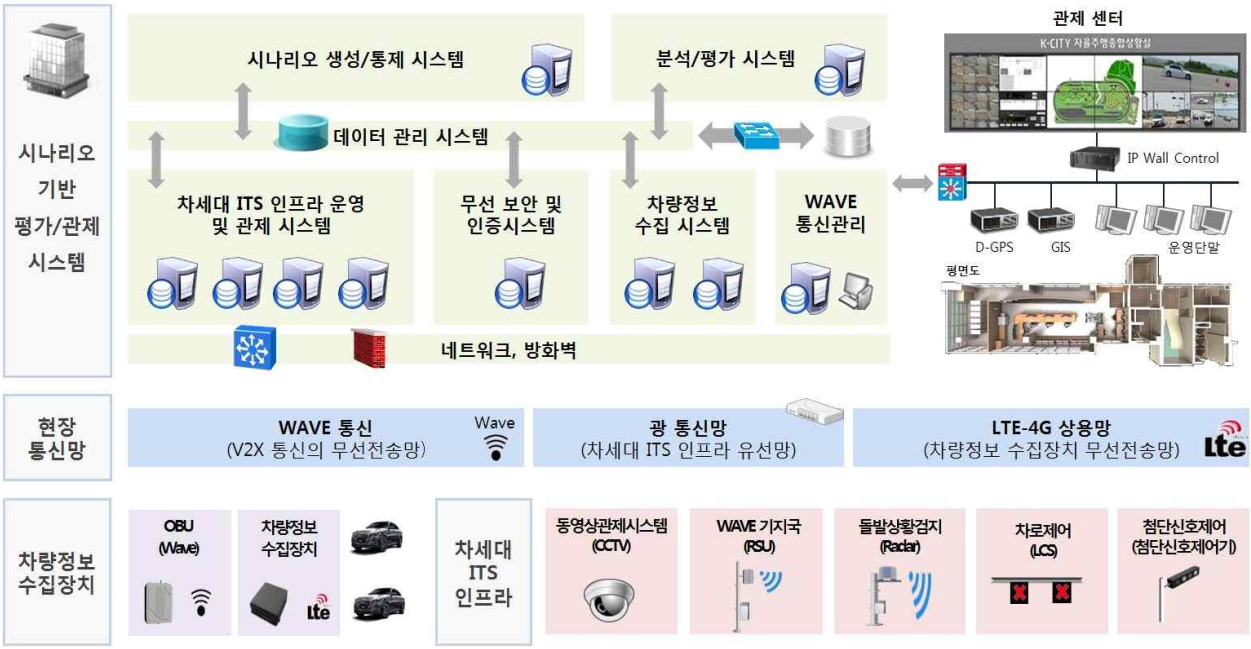
<그림 2-19> 지상 열차 상태기반 유지보수 (CBM) 기술

○ 한국철도기술연구원에서는 선진국 수준의 철도 안전성 확보 및 운행장애 감소, 유지보수 비용 절감과 세계 최고 수준의 통합 모니터링, 상태진단 및 사고위험 조기 예측 기술력 확보를 위해 국가 R&D로 ‘실시간 운행안전 및 유지보수 기술’을 개발중에 있음

- 첨단 IT와 네트워크 기술을 적용하여 관제시스템을 중심으로 철도차량, 역사 및 시

설 등에 대한 안전 관련 정보를 실시간 모니터링하고 사고위험을 조기 예측 진단하여 제어하는 실시간 통합 감시제어시스템 개발

○ 교통안전공단에서는 자율주행 기술개발 및 상용화를 지원하기 위해 실도로 기반의 테스트베드인 '자율주행 시험도시(K-City)'의 구축을 추진하고 있으며, K-City 내에서 자율주행 테스트를 수행하는 차량 및 평가 시스템의 정보를 수집하여 위치기반으로 실시간 거동정보를 분석하고, 이를 종합적인 분석 및 평가가 가능한 통합관제시스템을 구축하고 있음



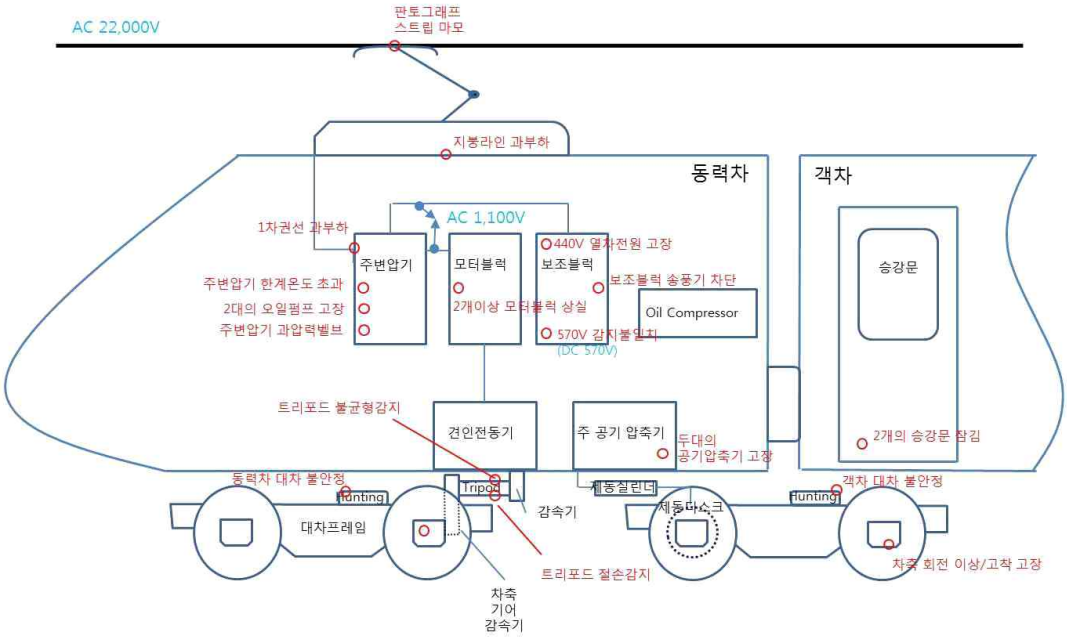
<그림 2-20> 자율주행 통합관제시스템

○ 실시간 모니터링 분야 연구동향

① **국내 KTX 고속철도차량**은 운행 중 차량에 장착된 built-in sensor에 의해 다음과 같은 주요대상 38종에 대해 상태감시를 하고 있음.

* 시스템 기능(4종) : 열차상태 모니터 고장시 백업기능 등
* 열차운영 제어 및 감시(8종) : 운전실 선택/전후진, 승강문, 신호장치감시 등
* 고압시스템 제어 및 감시(3종) : 판토그래프, 주차단기 감시 및 제어 등
* 견인시스템 제어 및 감시(6종) : 모터블럭 감시, 열차속도 제어 및 감시 등
* 제동시스템 제어 및 감시(7종) : 비상제동 감시 및 제어, 대차 불안정 검지 등
* 보조전원장치 제어 및 감시(5종) : 보조블럭 감시, 밧데리 차단제어 등
* 차체전기장치 제어 및 감시(5종) : 객차용 HVAC 제어, 열 및 화제검지 감시 등
* KTX-산천인 경우 상기 이외에 중련연결 감시기능(3종)이 추가됨.

<KTX 고장모니터링> - MF(Major Fault) 21종



<그림 2-21> KTX 고장 모니터링

② **유럽 TSI**(Technical Specification for Interoperability)는 "Directive 96/48 EC 대차 시스템 상태모니터링"과 같은 철도시스템에 대한 모니터링 적용 기준이 제정되었으며, 이에 대응하여 유럽연합(EU)은 철도시스템 Intelligent 모니터링, Intelligent 안전관리, Intelligent 운영유지관리, 그리고 향상된 통신방식 등에 대한 연구인 InteGRail Project 를 39개 기관이 참여하여 2000만 유로(약 300억원)의 예산으로 수행하고 있음. 이 프로젝트는 철도연구기관이 중심이 되고 차량제작사, 부품제작사, 차량운영기관 등이 공동연구자로 참여하며 2000년 기준 대비 철도의 신뢰성 50% 향상, 정비비용 10% 감축, 정시성 5% 증대 등을 목표로 하고 있음.

- 유럽의 고속열차제작사 및 부품 공급사는 TSI 규격을 만족하기 위하여 철도차량 결함의 조기 감지 및 중대 결함 방지, 보수교체 시기의 판단, 상태 기반 정비(CBM :Condition Based Maintenance) 관리체계의 입력자료 제공 등을 목적으로 차상 on-line 상태 모니터링 시스템을 개발하고 있음.

③ **유럽철도기관인 UIC**의 경우에는 철도의 속도 증가에 따른 신뢰성 및 안전성 향상 및 유지보수 효율화를 위하여 유로연합 연구기금을 시용하여 On board train control and information system 개발 중에 있으며 이 연구의 핵심은 차상에서 철도차량 중요 부품 및 부위에 대한 실시간 모니터링임.

④ **프랑스 철도 운영기관인 SNCF**는 전동차에 온도와 진동센서를 설치하여 실시간 모니터링을 연구중이며, 무선 센서 네트워크를 이용한 모니터링 모듈을 제작하여 실차 주행 테스트를 수행하였음.

⑤ **호주의 철도 궤도 시설물을 관리하는 ARTC** (Australian Rail Track Corporation)는 차축베어링 이상상태의 추적관리 및 예방보수를 통해 차축 베어링 발열 및 고착

을 모니터링하기 위해 지상에 설치하는 HBD(Hot Box Detector)와는 다르게 주행 중 철도차량 차축베어링에서 발생하는 음파 데이터를 취득/분석하여 차축베어링 이상상태를 지속적으로 추적 및 감지하는 RailBAM 모니터링 시스템을 호주 남부의 철도망에 시범적으로 운용 중에 있음.

⑥ **미국 FRA(연방철도청)**는 Amstedt 사와 INOX Edge 모니터링 시스템을 개발하였으며, 이 시스템은 유류 탱크차 및 화물 열차 등 구동 전력을 공급할 수 없는 철도차량에 배터리를 이용하여 작동하며 핸드브레이크나 베어링 등에 무선 센서를 부착하여 위성통신 또는 CDMA 통신이 가능한 장치를 경유하여 원격에서 열차의 상태를 모니터링 할 수 있도록 구현됨.

⑦ **홍콩 West Central Rail**의 철도차량 CBM 유용성에 관한 연구

- 유지보수 방법에 따른 효과 분석
- CBM의 채택에 의한 정량적 효과 분석
- 기존 예방적 유지보수에 비해 효율 8~12% 개선됨.
- 유지보수비용은 25~30% 절감됨.
- Breakdowns은 70~75% 제거할 수 있음.
- 차량 장치 및 운영의 Downtime 35~45% 감소함.
- 생산성 20~25% 증가됨.

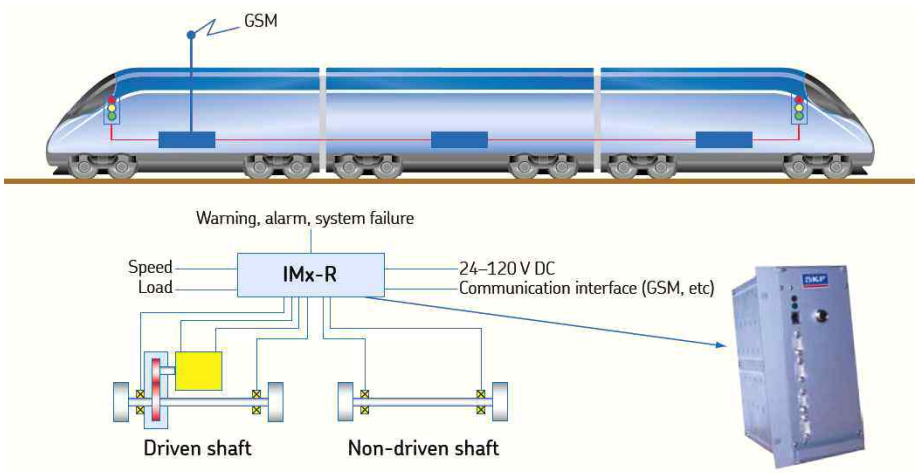
○ 실시간 모니터링 분야 기술동향

① **COMORAN** - Condition Monitoring for Railway Application (KNORR-BREMSE社)

- 철도차량 제동시스템에 포함된 대차 모니터링 진단시스템(Bogie monitoring and diagnostics)으로 안전과 관련된 중요 항목인 윤축 베어링의 손상, 불안정 주행 또는 탈선 등을 모니터링하고 진단할 수 있는 시스템임.
- 대차에 센서를 설치하여 차륜의 속도, 온도, 가속도 등을 측정할 수 있고 실시간으로계측, 분석하여 기관사에게 즉시 통보되는 On-board 시스템임.
- 안전관련 모니터링 기능은 차축 베어링(Hot axle box) 감시, 비회전축(non-rotating axles) 감시, 탈선 감시, 대차 헌팅(bogie hunting)이 있으며 진단 기능으로는 윤축 베어링, 차륜 답면 찰상, 차륜 거동, 안정성, 동력전달임.

② Multilog online systems (SKF)

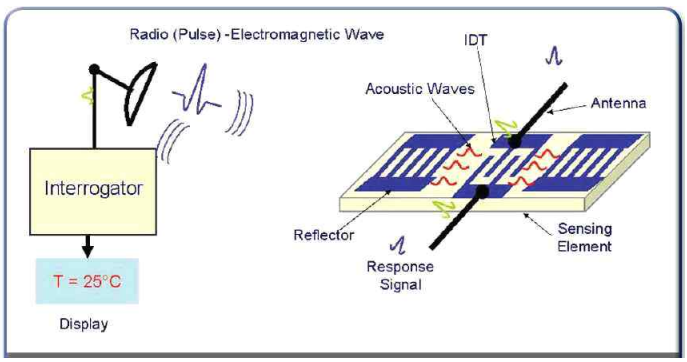
- 철도차량의 안전과 신뢰성을 향상시키고 유지보수비 절감을 목표로 손상발생 가능 항목에 대하여 모니터링하고 알람을 표시함.
- 모니터링 항목 : 윤축 베어링 상태와 그리이스(grease) 수명, 차륜 찰상 및 형상, 대차안정성 및 hunting, 탈선, 모터, 감속기, 동력전달축, 불평형 및 공진, 레일 상태



<그림 2-22> Railway bogie condition monitoring 시스템 (SKF)

③ SAW (Surface Acoustic Waves) 센서를 이용한 무선 모니터링

- 기존 온도 모니터링 시스템은 센서 신호를 연속적으로 받기 위하여 케이블 연결이 필요하지만, 이를 극복한 무선/무전원(SAW) 센서를 이용한 모니터링 기술이 개발됨.
- 저가로서 SAW 생산원가 낮고 무전원 및 무선 계측이 가능함.
- 응용분야
  - 항공기 : 제동장치, 내부 엔진, 로터 등의 온도 모니터링 적용
  - 고전압 변압기 온도 모니터링
  - 자동차 타이어 압력 모니터링·송전선 온도 감시
  - 모터의 로터 온도 모니터링 등



<그림 2-23> SAW 센서를 이용한 무선 온도 계측 시스템

2 LM기반 컨테이너 이송시스템 기술

○ 그림 2-19에서 보는 바와 같이, 국내외 신개념 철도 자동운송시스템의 기술 개발 방향성을 정리하면 다음과 같다.

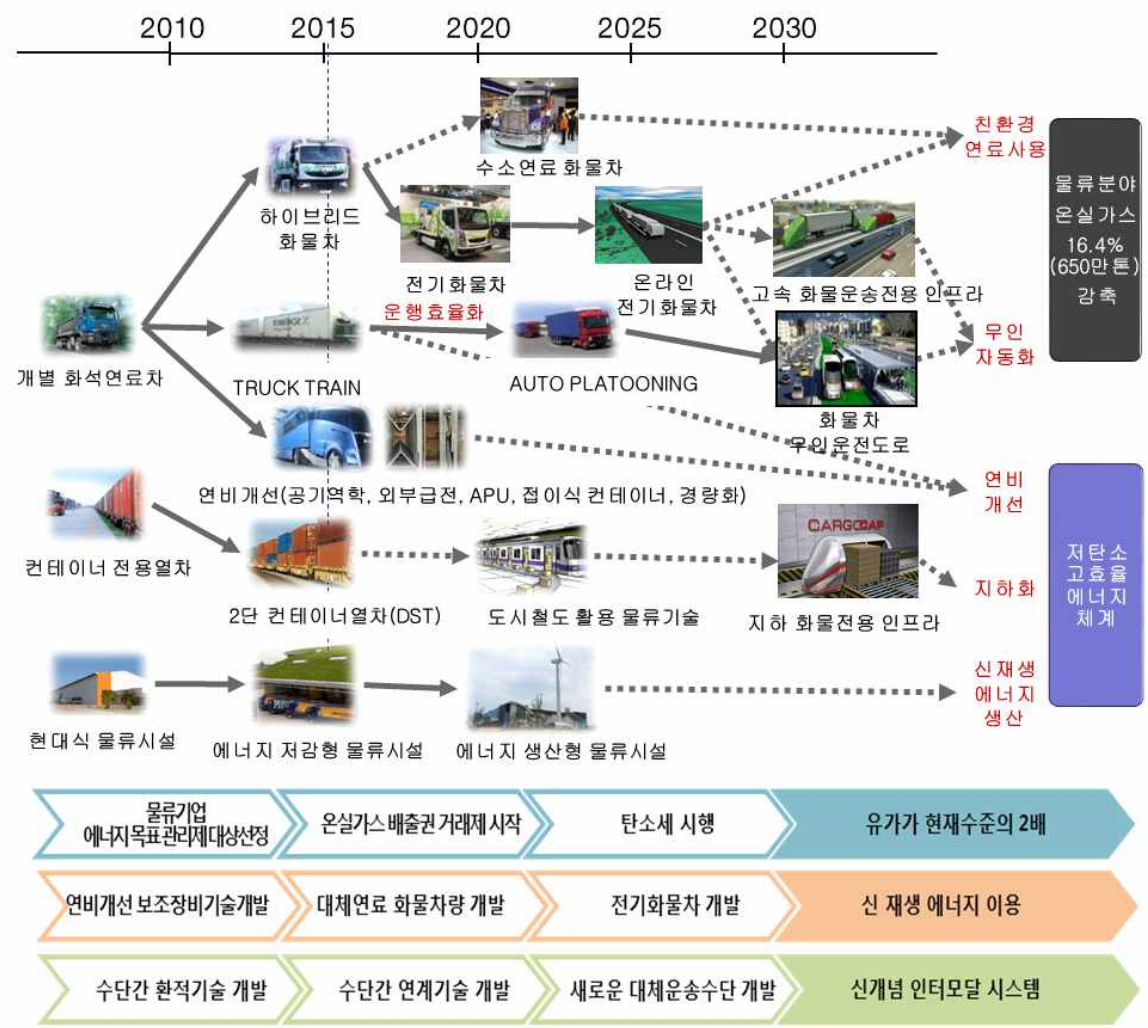
① 인터모달리즘에 입각한 신개념 하역방식
- 새로운 개념의 자동화물운송 시스템 개발은 하역기능을 생략하거나 최대한 간략화 함으로써 하역에 소요되는 시간과 비용절감을 대폭 감소시키는 방식이 유력함

② 기존 철도시스템과 비교할 때 투자비용과 보수 편의성을 고려하여 전자제어를 최대한 간소화한 독창적인 메카니즘 요구
- 고도의 안전성이 담보된다는 전제 하에 화물운송수단은 여객운송에 비해 안락감이나 고급화가 필요한 부분은 아니기 때문에 가급적 비용 효율적이고 단순화된 작동 메카니즘의 모색이 필요함

③ 교량구조물 등 운송체계 인프라는 최대 감내중량(활하중) 수준에 따라 경량화가 가능하며 구조물 및 장비 경량화를 통하여 건설비를 대폭 절감할 수 있는 시스템

④ 가급적 기존 사용 중인 화물 운송수단과 연계가 가능한 형태
- 궤도의 간격을 일반철도와 같게 표준궤간으로 설계함으로써 추후 철도와의 직접적 연계도 가능할 수 있도록 하는 설계
- 컨테이너 운송 시 ISO규격의 모든 규격의 컨테이너 화물은 모두 취급할 수 있도록 시설물이나 장비의 규격을 국제 표준에 정합화 필요

○ 국내외 자동화물운송시스템별 기술 적용 현황을 표 2-00에 정리하였으며, 자동화물운송시스템 기술의 특징을 5가지 관점(운송수단 관점, 자동화 관점, 공간적 관점, 에너지 관점, 화물 형태적 관점)에서 정리하였음



<그림 2-24> 국내외 자동화물운송시스템 기술 개발 방향

<표 2-3> 국내외 자동화물운송시스템별 기술적용 현황

구분	운송 방식	구동기술	제어시스템	트레일러 적재 기술	운송 대상	동력 주체
AutoCon	고정경로 (레일방식)	선형유도전동기 (LIM)	무인자동	화차회전방식	컨테이너 /트레일러	화차별
한국형 DMT	고정경로 (레일방식)	회전형 전동기	무인자동 /유인제어	수평이동방식	컨테이너	화차별
한국형 ATS	고정/자유경로	회전형 전동기 (연료전지/CNG)	무인자동 /유인제어	수평이동방식	컨테이너	기관차
ACTTube	고정경로 (파이프라인)	선형유도전동기 (LIM)	무인자동	수평이동방식	화물	화차별
SkyTech Transportation	고정경로 (모노레일)	선형유도전동기 (LIM)	무인자동	수평이동방식	컨테이너 /트레일러	화차별
FSS	고정경로 (모노레일)	선형유도전동기 (LIM)	무인자동	화차회전방식	컨테이너 /트레일러	화차별
CargoRail Tram	고정/자유경로	회전형 전동기 (연료전지/CNG)	무인자동 /유인제어	수평이동방식	컨테이너	화차별
ECCO System	고정경로 (자기부상)	선형동기전동기 (LSM)	무인자동	수평이동방식	컨테이너	화차별
TubeXpress	고정경로 (파이프라인)	회전형 전동기	무인자동	수평이동방식	화물	기관차

Container Freight	고정경로 (자기부상)	선형유도전동기 (LIM)	무인자동	수평이동방식	컨테이너	화차별
Combi-Road	고정/자유경로	회전형 전동기	무인자동 /유인제어	수평이동방식	컨테이너 /트레일러	화차별
OLS-ASH Project	고정경로 (파이프라인)	회전형 전동기	무인자동	수평이동방식	화물	화차별
CargoCap	고정경로 (파이프라인)	선형유도전동기 (LIM)	무인자동	수평이동방식	화물	화차별
Modalohr	고정경로 (레일방식)	회전형 전동기	유인자동	화차회전방식	컨테이너 /트레일러	기관차
UCM	고정경로 (파이프라인)	회전형 전동기 (로프)	무인자동	수평이동방식	컨테이너	화차별
Flexiwaggon	고정경로 (레일방식)	회전형 전동기	유인자동	화차회전방식	트렉터+트레일러	기관차
Cargo Speed	고정경로 (레일방식)	회전형 전동기	유인자동	화차회전방식	트레일러	기관차
MIT	고정경로 (레일방식)	회전형 전동기	유인자동	화차회전방식	컨테이너	기관차
DMT	고정/자유경로	회전형 전동기	무인자동 /유인제어	수평이동방식	차량	화차별
ACT	고정경로 (모노레일)	회전형 전동기	무인자동	수평이동방식	컨테이너	화차별

가. 국내 기술 개발 현황

① 자동화물운송시스템 기술 분야

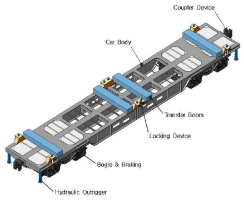
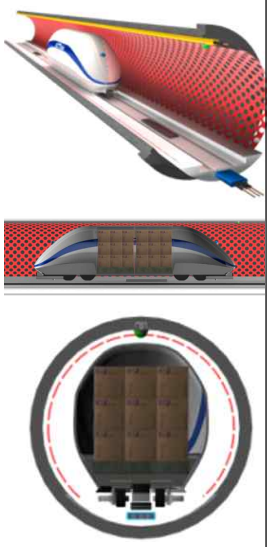
○ 국내 자동화물운송시스템별 상용화 단계를 살펴보면, 국내 신개념 철도 자동운송시스템 중 인원 수송용 운송시스템인 부산 반송선, 스카이큐브(PRT)는 무인 자동화 방식으로 운영되고 있음

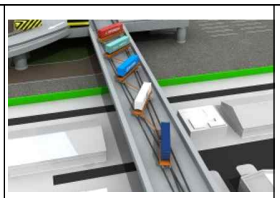
○ 자동화물운송시스템 기술인 AutoCon은 개념 설계를 완료하고, 지하화를 위한 기술적 검토도 이루어진 바 있으며, 최근 축소규모의 시연모형을 개발하는 본격 기술개발단계에 접어들었음

○ 한국형 ATS는 기획연구 단계를 완료하였으나, 타당성 문제로 본 사업으로 이어지지는 못하였음

○ 표 2-3은 국내 자동화물운송시스템 기술 현황을 보여줌

<표 2-4> 국내 자동화물운송시스템 기술 현황

구동장치 구분	시스템	운송/제어 방식	개요	기술 특징
회전형 전동기 구동	한국형 DMT 	• 고정경로(레일 방식) • 무인자동/유인 제어	• HTS(Horizontal Transfer System)를 이용해 중량물을 수평으로 이송하는 시스템 • 도로와 철도간에 별도의 환적 장비 없이 자체환적 및 셔틀운송 기능이 하나로 통합된 새로운 형태의 복합기능 트레일러 • ㈜범창종합기술개발에서 국내 기술 개발	• 기존 장비에 비해 신속 간편하고, 경제적이며 효율적인 복합일관수송 체계 구축 가능 • 유압을 발생시키면 HTS 내부 수직 실린더가 작동해 상판이 상승되고, 반대일 경우 하강하며, 수평이동은 동작센서를 이용 • 2 조의 HTS 롤러의 이동속도를 동기화해 가이드레일을 따라 안전 하게 이동하는 시스템
	한국형 ATS 	• 고정/자유경로 • 연료전지/CNG 하이브리드 구동 • 무인자동/유인 제어	• 물류거점간 화물운송을 친환경, 에너지 효율적으로 무인자동운송하기 위한 운송 시스템 및 관련기술로서 탄소발생량 절감 목표로 개발됨 • 2009년 저탄소 친환경 운송수단 개발을 목적으로 국가 R&D 사업으로 고정경로와 자유경로를 모두 이용할 수 있도록 설계된 자동운송기술로서 2010 년 개념설계 완료	• 거점 내에서는 개별 유닛이 자동으로 이동하고, 거점과 거점 사이에서는 Tractor를 이용해 철 도처럼 하나로 편성되어 이동 가능 이동 후에는 주차 위치로 자동으로 이동 • 주차 Zone 에는 무선충전 시스템을 통해 개별 유닛과 Tractor 를 충전 • 부산항 내에서 적용을 고려하였으나, 개발단계에서는 AGV 대차비용, 항만내 자동화 시스템과의 연동 등 기술적·경제적 문제 때문에 본 사업 추진이 무산됨
선형 전동기 구동	ACTTube 	• 고정경로(파이프라인 활용 Tube 시스템) • 무인자동	• 2009년 “튜브운송시스템용 구조기술개발 전략수립 기획연구”를 (재)포항산업과학연구원(RIST) 과 한국철도기술연구원의 공동 연구로 시작 • 2010년 “화물용 튜브운송시스템 사업전략 기획 연구”를 진행 • 현재까지는 개념설계 단계임	• 독일 CargoCap과 유사한 형태를 가지며, 도심지하 공간에 건설된 터널을 통해 팔레트 화물을 문전수송(door to door transport) 할 수 있는 일종의 화물운송용 PRT(Personal Rapid Transit)를 개발할 목적으로 고안 • 간선수송에 적용할 때 막대한 재원이 투자되어 야 하므로 주요수요 구간을 중심으로 단거리 설비를 중점적으로 고려 • 무선 네트워크를 통해 중앙통제, 위치파악, 실 시간 제어가 가능하며, RFID PAD를 부착한 팔렛트(T11) 단위로 자동 상·하역이 가능하도록 설계
	AUTOCON	• 고정경로 (레일방식) • 무인자동에 화차회전방식	• 2009년 AutoCon은 선로 밑에 설치된 선형 유도전동기(LIM)를 이용하여 구동함으로써 기관차(locomotive)와	• AutoCon의 적재하중이 기존 컨테이너수송열차의 1/3 정도로 고속도로 주변이나 철도 주변의 유휴지를 활용한 간편한 건

	 		• 차량기지(depot)가 필요없는 무인자동 수송시스템 개념 • 선형유도전동기를 이용한 무정차 루프형태의 컨테이너 운송기술로서 2010년 개념설계를 완료 • 한국교통연구원이 주도로 개발되었으며, 연구단 사업 진행 중	설과 건설비용 저감 아코디언식 기계적 원리로만 무정차 저속 운행 시켜 하역구간 내 가감속을 위한 추가적인 전기조작을 배제함으로써 기존 선형전동기 구동방식 대비 1/10 수준의 전력만 요구됨 • 2013년 12월 “회전정렬 철도시스템 및 열차의 회전정렬 방법”이라는 명칭으로 특허출원

② 산업용 선형전동기 기술 분야

○ 선형전동기의 종류별 특성 비교에 대하여 표 2-4에 정리하였음. 일반적으로 변위와 출력이 크고, 연속으로 고속 또는 저속으로 운전해야 하는 경우에는 선형유도전동기(Linear Induction motor, LIM)와 선형동기전동기(Linear Synchronous Motor, LSM) 및 선형펄스전동기(Linear Pulse Motor, LPM)가 주로 이용됨

<표 2-5> 선형전동기의 종류별 특성 비교

특성 / 종류	연속직선운동	소변위왕복운동	대변위왕복운동	고속운전	저속운전	대추력운전	위치결정제어	고응답성	구조의간편성	가격	비고
선형유도전동기 (LIM)	◉	▲	◉	▲	◉	◉	○	○	◉	◉	대출력 저속 연속 운전
선형동기전동기 (LSM)	◉	▲	◉	◉	◉	◉	◉	◉	▲	▲	대출력 고속 연속 운전
선형펄스전동기 (LPM)	○	◉	○	◉	○	○	◉	○	▲	▲	대출력 운전
선형직류전동기 (LDM)	○	◉	▲	◉	◉	○	◉	◉	▲	▲	소변위 고속 운전
선형진동액추에이터 (LOA)	X	◉	X	X	▲	▲	X	▲	○	○	소변위 왕복 운전
선형전자솔레노이드 (LES)	X	○	X	X	X	X	▲	X	◉	◉	
선형전자펌프 (LEP)	◉	X	○	X	○	▲	X	X	▲	▲	액체/금속 반송용

(주 : ◉ 아주우수, ○ 우수, ▲ 보통, X 나쁨)

○ 고추력 선형전동기 관련 국내 시장 Needs와 핵심 요구 기능은 고속화, 고정밀화, 저진동화, 고추력화이며, 고정도/고추력 모터 설계기능, 고정밀 모터 조립기능, 고속 및 고정도 제어기능, 고추력화를 위한 모터 냉각기능과 같은 핵심요구 기능에 대한 주요 요소기술은 표 2-6와 같으며, 주요 요소기술(Key Technology)별 성능목표는 표 2-7에 정리한 것과 같음

○ 고추력 선형전동기는 고속, 고추력, 고정도를 모두 만족하는 첨단 분야에 적용되며, 특히 냉각 시스템의 구현이 중요한 기술로 대두될 것으로 예상되기 때문에, 이에 대한 구체적인 해석 및 설계 기술이 동반되어야 함

○ 고추력 선형전동기는 기존 회전형 시스템과의 경쟁이 필수적이므로, 경쟁우위를 확보하기 위해서는 저가격전략이 확보되어야 하며, 이를 위해 조립공정을 단순화할 수 있는 조립 기술개발이 필수적임

○ 그러나, 희토류 영구자석 소재 생산지의 한정으로 고추력 선형전동기 재료비 중 상당부분을 차지하는 영구자석 가격의 변동성이 큰 문제가 될 수 있으며, 이를 해결하기 해서는 국가적인 차원에서의 희토류 자석 소재 확보에 대한 해결책이 준비되어야 할 것으로 판단됨

<표 2-6> 선형전동기의 시장 Needs 별 핵심 요구 기능

시장 Needs	핵심 요구 기능
고속화	고정도/고추력 모터 설계기능
고정밀화	고정밀 모터 조립기능
저진동화	고속 및 고정도 제어기능
고추력화	고추력화를 위한 모터 냉각기능

<표 2-7> 선형전동기 관련 시장에서의 핵심요구 기능에 대한 주요 요소기술

핵심요구기능	주요요소기술
고정도/고추력 모터설계 기능	양측식 Cored 타입 모터의 전자기 해석 및 설계기술
	디텐트력 저감을 위한 가동자 및 고정자 형상 설계기술
	정확한 손실 계산을 위한 전기강판 특성반영 해석기술
고정밀 모터 조립기능	영구자석의 안정적인 고정을 위한 조립기술
	정확한 공극 유지를 위한 조립기술
	정렬권선 유지를 위한 정밀조립기술
	안정적인 몰딩 구조 형성을 위한 몰딩제조기술
고추력화를 위한 모터 냉각기능	냉각 성능 최대화를 위한 냉각채널 설계기술
	냉각부 부착기술
고속 및 고정도 제어기능	실제적인 투입전류 형상을 반영한 리플저감 설계기술
	안정적인 홀센서 지지구조 설계기술
	강인 제어, 최적 제어 기술

<표 2-8> 주요 요소기술별 성능 목표

주요요소기술	중류	기술목표	국내외 최고 성능대비 기술 수준(%)
양측식 Cored 타입 모터의 전자기 해석 및 설계기술	고정자/가동자	고추력화(5,000N 이상) 및 고추력 밀도화	70%
		고속화(최고속도 3m/sec 이상)	80%
	고정자	목표 역기전력 도출 설계	80%
디텐트력 저감을 위한 가동자 및 고정자 형상 설계기술	고정자	디텐트력 저감화(± 2.5이하)	80%
정확한 손실 계산을 위한 전기강판 특성반영 해석 기술	고정자/가동자	전자기 손실 최소화(소재/구조/조립)	60%
영구자석의 안정적인 고정을 위한 조립기술	고정자	흡인력 강성 구조 설계	80%
정확한 공극 유지를 위한 조립기술	고정자	영구자석 일정피치 유지 조립	100%
		양측 공극 유지 조립	90%
정렬권선 유지를 위한 정밀조립기술	가동자	점적율 최대화 설계(70% 이상)	90%
안정적인 몰딩 구조 형성을 위한 몰딩제조기술	가동자	고강성, 최소변형 몰딩 기술	80%
		열변형 방지구조 설계	80%
		내절연성 향상 조립기술	90%
냉각 성능 최대화를 위한 냉각채널 설계기술	냉각부	최적의 냉각 path 설계	70%
냉각부 부착기술	냉각부	열전달 극대화 조립구조 설계	70%
투입전류 형상을 반영한 리플저감 설계기술	고정자/가동자	추력리플 저감 설계(± 2.5%이하)	80%
안정적인 홀센서 지지구조 설계기술	홀센서	정확한 위치결정 구조설계	100%
		자기신호 발생의 안정화 설계	95%
최적 제어 기술	-	고정밀화(제어정밀도 1um 이내)	80%

○ 국내에서는 1990년대 공작기계용으로 선형전동기가 주목을 받기 시작한 이래 고속화, 고속 가공을 목적으로 선형전동기를 탑재하는 공작기계에 대한 시장이 형성되기 시작했으며, 최근에는 반도체 및 평판 디스플레이 생산 장비와 고정밀 인쇄 장비의 모션 제어 등에도 활용범위가 확산됨에 따라 매년 그 수요가 점차 증가하고 있음

○ 2007년 말부터는 8세대 LCD 설비투자를 시작으로 10, 11세대는 물론 5세대, 6세대에 대한 설비투자가 잇달아 진행되고 있으며, 최근에는 일본, 대만 등으로부터의 해외물량 수주도 크게 늘어나면서 국산 제조 산업체들의 해외진출이 활발히 늘어나고 있으며, 반도체 및 평판 디스플레이 생산 장비와 고정밀 인쇄 장비의 모션제어 등

에 적용하며 그 활용범위도 확산되고 있음

○ 국내 대표적인 선형전동기 산업체는 신성 ENG, 세우산전, 삼익 LM, 져스텍, 미래산업, 동진기전과 같은 중소 벤처기업이 있으며, 최근에는 일본, 대만 등으로부터의 해외물량 수주도 크게 늘어나면서 국산 제조 산업체들의 해외진출이 활발하며 소형, 소용량 선형전동기 분야에서는 선진국과 대등한 수준의 기술력을 보유하고 있음



(a) 철심형 (b) 공심형

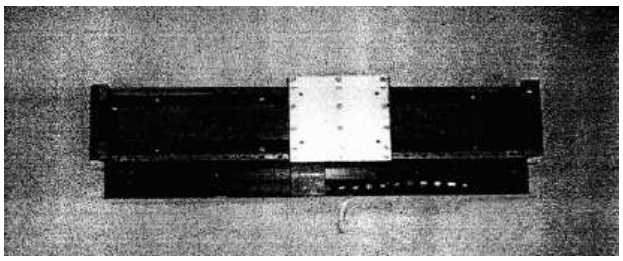
<그림 2-25> 반도체 이송 공정용 소형 선형전동기 제품

○ 최근 관련기술의 활용분야는 선형 추진시스템을 이용한 친환경 지능형 이송 시스템 및 클린 반송 시스템의 사업화 기술, 친환경 ITS시스템 사업화 기술 등 고청정, 고효율 이송시스템 개발 등이 있음

○ 상기 그림은 다수의 선형 추진시스템을 루프형으로 구성한 물류이송시스템으로 각각의 섹션에 구동 드라이브(JSMD)를 설치하여 대차가 위치한 섹션과 이웃한 섹션에 추진전원을 공급하는 시스템으로 섹션전환 방식은 독일의 Leapfrog 방식과 유사

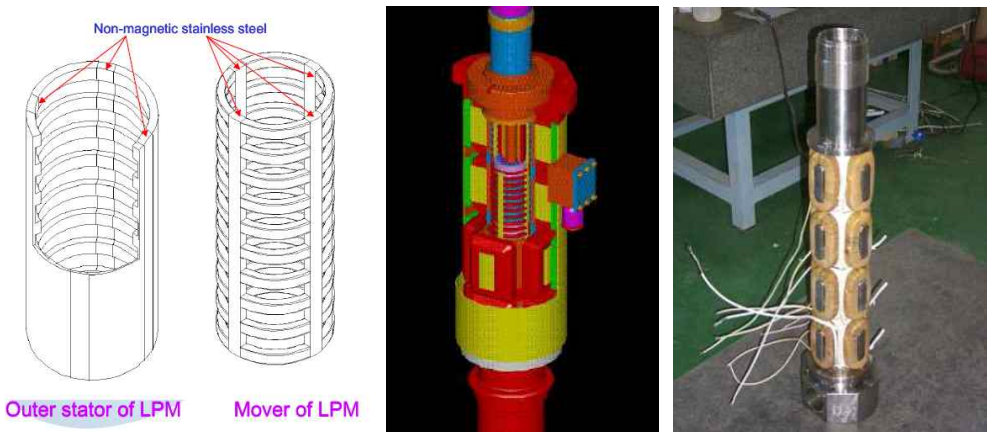
○ 저속에서 토크 리플(ripple) 없이 사용이 가능하지만 하나의 구동시스템 고장 시 연속운전이 어렵고(redundancy 기능이 없음) 동시에 2대의 인버터에 전원을 공급하는 방식으로 에너지 소모도 많음

○ 하이브리드 방식의 LPM 연구와 관련하여, 2001년도에 (주)모아텍 주관하에 공작기계용 이송테이블 시스템을 위한 직접 구동 LPM 연구를 통하여 최대추력 150N, 최대속도 2m/s 의 LPM 시제품 제작 연구가 진행되었음



<그림 2-26> 공작기계 이송테이블 구동용 150N급 Hybrid-type LPM

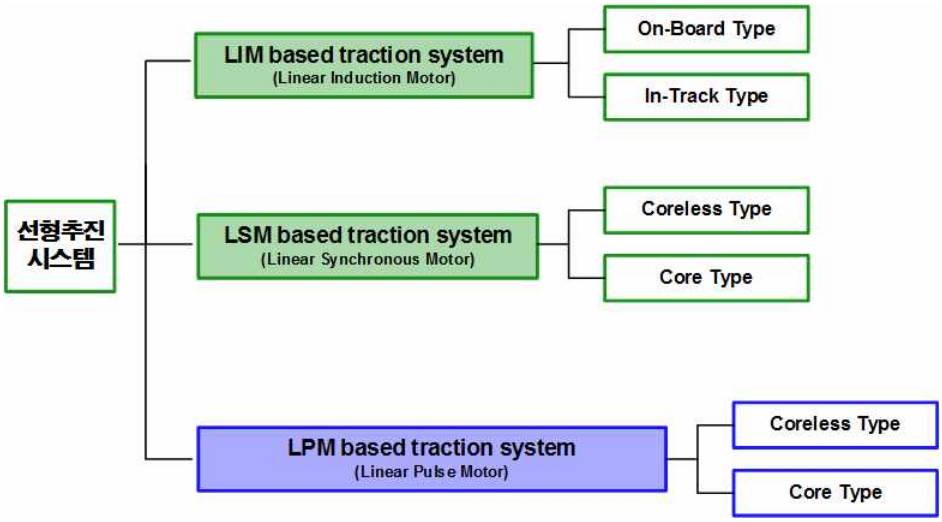
○ 한국원자력연구원에서는 2006년도에 원자로 제어봉의 안전하고 신속한 구동을 위하여 액츄에이터로 튜블라 방식의 LPM을 적용하는 연구를 수행하였으며, 시제품으로 2m 스트로크에 100kg의 부하를 50mm/s의 속도로 이송시킬 수 있는 시제품을 제작함



<그림 2-27> 원자로의 제어봉 구동장치용 Tubular-type LPM

③ 선형전동기 기반 철도교통용 추진시스템 기술 분야

○ 선형추진시스템은 추진용 선형전동기 방식에 따라 LIM based traction system, LSM based traction system, LPM based traction system으로 구분할 수 있음



<그림 2-28> 선형 추진시스템의 분류

○ 국내의 철도교통에 적용되고 있는 선형추진시스템 기술은 주로 대형, 대용량 선형전동기 기술로서, LIM이 리니어 경전철 및 도시형 자기부상철도에 적용 중에 있으며, 최근 550km/h급 초고속 자기부상철도 및 1000km/h 이상급인 튜브열차에 전자석 방식의 LSM을 이용한 추진시스템 기술이 연구되고 있음

○ 국내 최초의 리니어 추진방식의 경전철은 용인경전철이며, 봄바디어 트랜스포테이션의 ART 기반 열차를 사용하며, 최대속도는 80km/h 이고 약 200명 정도가 탑승할 수 있으며, 차량의 구동 방식으로 철궤도 중앙에 위치한 리액션 플레이트를 이용한 LIM 추진방식을 사용하고 있으며, 2012년에 개통되었음

<표 2-9> LIM 추진시스템 적용 용인경전철의 주요사양

용인 경전철의 LIM 추진시스템	개 요
 < 용인경전철 추진시스템용 LIM의 차상 Primary와 지상 AL 리액션 플레이트 >	용인 경전철(에버라인) 개통시기 : 2012년 예정 노선연장 : 18.4km 제작사 : 캐나다 봄바디어 정거장 : 15개 궤간 : 1435mm (표준궤) 전원 : 제3궤조 방식, DC750V 영업최고속도 : 80km/h

○ LIM 추진방식의 도시형 자기부상철도는 1989년 한국기계연구원에서 연구를 시작으로 약 20여년간 기술개발을 추진해 왔으며, 현재 인천공항~용유기지(8km)를 노선으로 하는 영업선이 완공되어 운영 중임



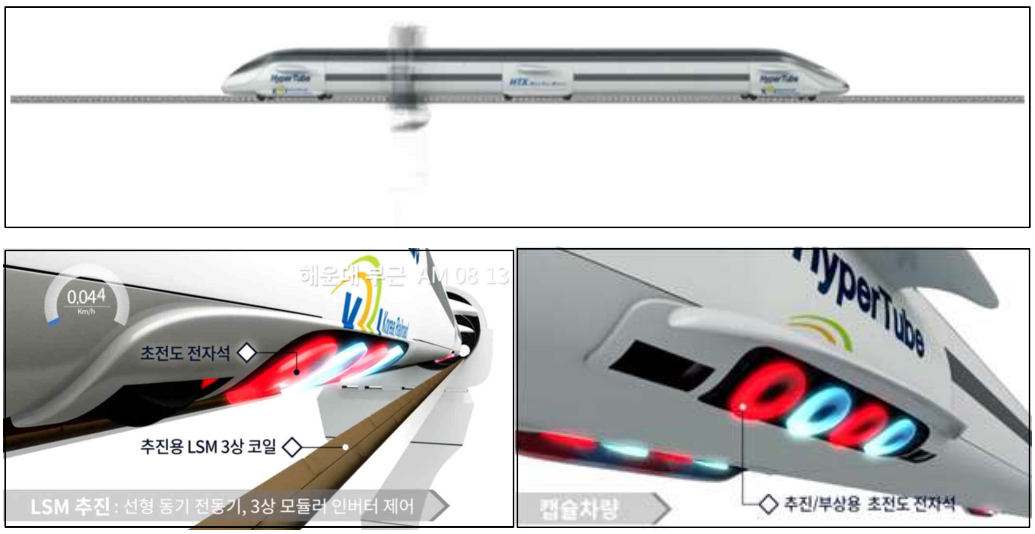
<그림 2-29> LIM 방식의 추진 기술 국내 적용 현황

○ 흡인식 부상전자석 적용 LSM 추진/부상기술은 한국철도기술연구원에서 수행한 초고속 튜브철도 차량 핵심기술 개발을 목적으로 700km/h급 초고속 LSM 추진 기술 대한 기초 연구를 수행한 바 있으며, 이러한 기반 연구를 토대로 550km/h급 초고속 자기부상철도의 핵심 기술 개발을 목표로 2011년부터 3년간 약 160억 규모의 국가 R&D를 수행하여 시제품을 개발함



<그림 2-30> 흡인식 부상전자석과 LSM 기술이 적용된 550km/h급 초고속 자기부상열차 시제품

○ 최근에는 1000km/h 이상급인 튜브열차용 추진부상시스템의 적용을 위한 초전도 반발식 전자석 방식의 LSM 시스템에 대한 연구가 진행되고 있음



<그림 2-31> 초전도 반발식 전자석 방식의 LSM 기술이 적용된 초고속 튜브열차 개념도

○ 국내에서는 LPM과 관련하여 철도차량 추진시스템으로의 적용을 위한 핵심 원천기술 연구가 2013년부터 3년간 진행되었으며, Test-bed를 통한 실증을 완료하였음

- 리니어펄스모터 기반 철도차량 추진시스템 원천기술 개발(2013~2015 / 국토교통부)



<그림 2-32> LPM 추진시스템의 지상코일과 LPM 적용 대차 시제품

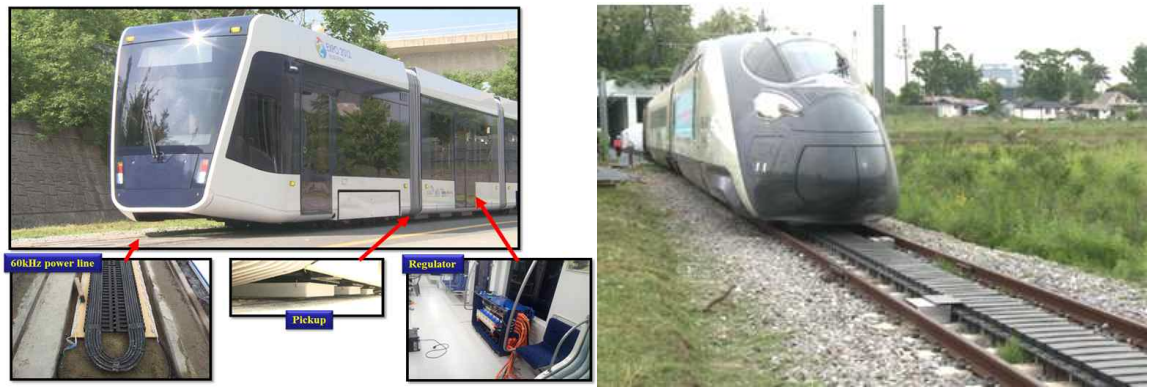
○ 국내의 이송체 관련 차상 급전을 위한 무선전력전송기술과 관련하여, 과거에는 주로 소용량 전자기기의 무선전원공급 또는 충전기술 관련 연구가 활발히 진행되었으나, 최근에는 자동차, 철도와 같은 대용량/대전류의 전력전송이 필요한 분야에 대한 적용 연구가 활발히 진행되고 있음

○ 반도체 공정 등 산업 자동화 분야(한국전기연구원) 및 전기버스(KAIST) 등에서 중용량 무선전력전송 기술 관련 연구를 수행하였음

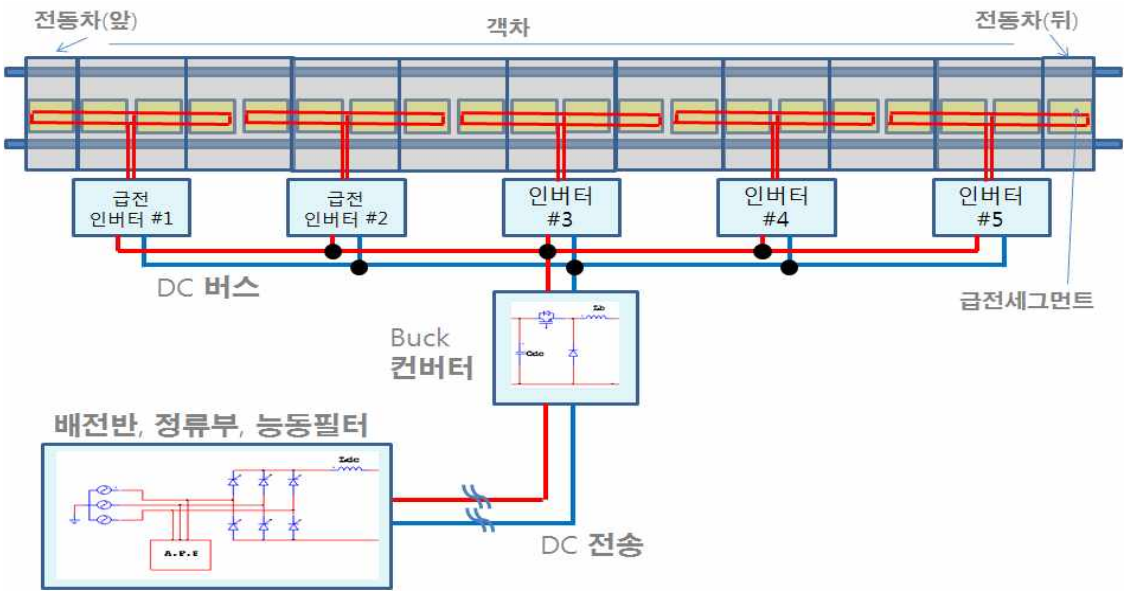
○ 대용량 무선전력전송 기술은 한국철도기술연구원과 KAIST가 공동으로 무가선트램과 고속철도차량(HEMU-430X)에 적용 가능한 대용량 무선전력전송 시스템(각각 200kW급/1MW)에 대한 연구를 수행하였음



<그림 2-33> 국내 중용량의 산업용 및 교통시스템용 무선전력전송기술 사례



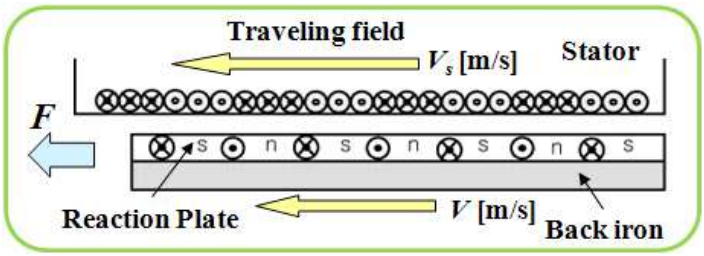
<그림 2-34> 국내 대용량의 철도시스템용 무선전력전송기술 사례



<그림 2-35> 고속철도용 대용량 무선전력전송시스템의 구성도

○ 선형 추진시스템별 특징을 분석하여 정리한 결과는 다음과 같음

<표 2-10> LIM(Linear Induction Motor) 기반 추진시스템 특징

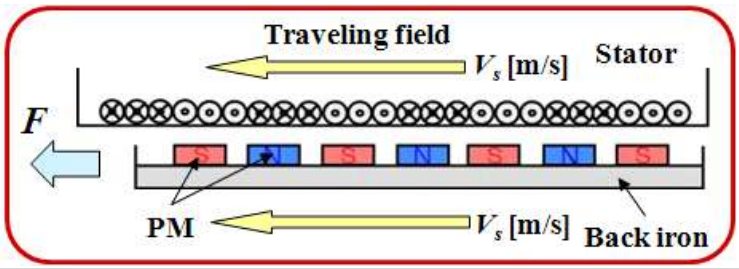
<table>
<tr><th></th><th>내 용</th></tr>
<tr><td>원리</td><td>
• 1차 전기자 코일과 2차 도체(리액션 플레이트)로 구성
• 1차 전기자 코일에 3상 교류를 흘리면, 회전형의 유도전동기의 회전자계와 같은 모양으로 이동자계가 발생
• 이동자계의 자속이 2차 도체를 가로 지를 때에 2차 도체에 전류를 유기시켜, 상호 흡인·반발 작용에 의하여 추진력을 발생시키는 원리


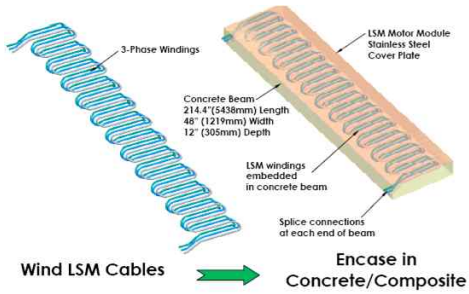
</td></tr>
<tr><td>분류</td><td>
<table>
<tr><th>On-Board Type LIM</th><th>In-track Type LIM</th></tr>
<tr><td>
• 1차 3상 전기자는 차상에 설치
• 2차 도체(리액션 플레이트)는 지상에 설치
• 차상에 인버터가 탑재되므로 차상으로의 급전시스템 필요
</td><td>
• 1차 3상 전기자는 지상에 설치
• 2차 도체(리액션 플레이트)는 차상에 설치
• 인버터가 지상에 설치되므로 차상으로의 급전시스템 불필요

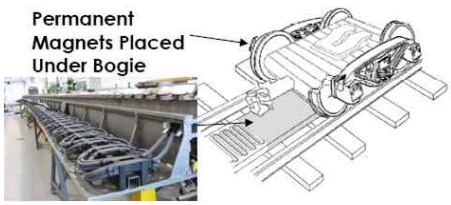
</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>특징</td><td>
<table>
<tr><th>장점</th><th>단점</th></tr>
<tr><td>
• 가감속 성능 우수 및 비점착 구동에 의한 등판능력 우수
• 2차측 구조의 간단함으로 인해 생산비 및 건설비 저렴(알루미늄판)
• In-track type LIM 적용 시 대차 경량화가 가능함
• In-track type LIM 적용 시 가공전차선 설비 불필요
</td><td>
• 2차측 도체판에 의한 전기적 공극이 큼(출력비 및 효율이 낮음)
• 단부효과에 의한 성능 저하
• 수직력 불균형에 의한 고속 운전의 어려움(200km/h 이하)
• 서보성능이 낮음(위치결정도가 낮음)
• On-Board type LIM 적용 시 가공전차선 설비 필요
</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

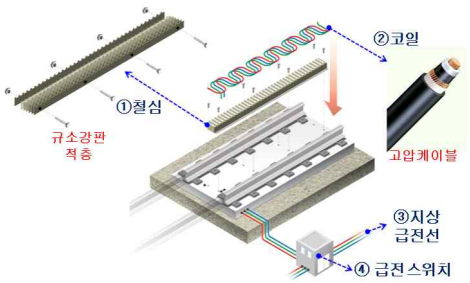
<table>
<tr><td></td><td><table><tr><td></td><td>• In-Track type LIM 적용 시 불연속 토크 발생
• In-Track type LIM 적용 시 섹션전환을 위한 스위치기어 필요에 따른 비용 증가</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>응용사례</td><td><table><tr><th>지하철/경전철</th><th>자기부상열차</th><th>PRT</th></tr><tr><td>• On-Board type LIM 적용
 
  </td><td>• 중저속 자기부상열차 추진용으로 On-Board type LIM 적용
  </td><td>• In-Track type LIM 적용
  </td></tr></table></td></tr>
<tr><td>핵심기술</td><td>• LIM 최적 설계 및 제작 기술
• 전자장 해석을 통한 LIM 동특성 분석 기술
• LIM 제어기 최적 설계/제작 기술
• LIM 고효율 제어 알고리즘 기술
• LIM 최적공극제어 기술
• LIM의 단부효과 저감설계 기술
• 무효전력 저감설계를 통한 역률/효율 개선 기술
• LIM 서보능력 향상을 위한 제어기술</td></tr>
</table>

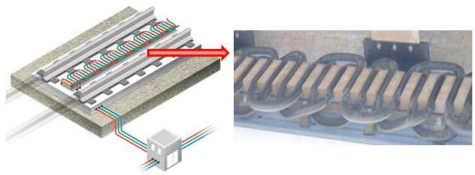
<표 2-11> LSM(Linear Synchronous Motor) 기반 추진시스템 특징

<table>
<tr><th></th><th>내 용</th></tr>
<tr><td>원리</td><td>
• 1차 전기자 코일과 2차측 계자(전자석형, 영구자석형)로 구성되며, 1차측 전기자의 자계와 2차측 계자의 자계가 상호작용하여 동기속도로 이동하는 원리
• 1차 전기자 코일에 3상 교류를 흘리면, 전기자에 3상 이동자계 발생. 이때, 2차측 계자는 이동자계의 속도와 동기화된 속도로 구동됨.


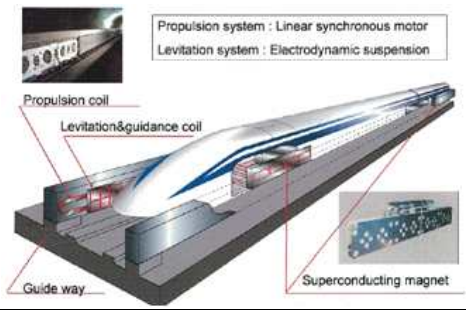
</td></tr>
<tr><td>분류</td><td>
<table>
<tr><th>Coreless Type LSM</th><th>Core Type LSM</th></tr>
<tr><td>
• 1차측 3상 전기자 및 2차측 계자에 철심을 사용하지 않고 코일만으로 구성되는 구조




</td><td>
• 1차측 3상 전기자 및 2차측 계자에 철심으로 Core를 구성하고, Core의 한 측면에 다수개의 슬롯을 구성하여 코일을 삽입한 구조



</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>특징</td><td>
<table>
<tr><th>장점</th><th>단점</th></tr>
<tr><td>
• 가감속 성능 우수 및 비점착 구동에 의한 등판능력 우수
• 초고속 주행이 가능함
• LIM보다 상대적으로 높은 효율
• LIM보다 제어측면에서 상대적으로 높은 신뢰성을 가짐
• 지상 전기자 방식으로 주로 적용되며, 가공전차선 설비 불필요
</td><td>
• 구동을 위한 정밀 위치제어 필요(제어 비용 증가)
• 차상에 계자 및 차상전원용 급전장치 및 전력변환장치 탑재
• Core Type의 경우 재료 및 설치 비용이 큼
• 지상 급전의 섹션전환을 위한 스위치기어 필요에 따른 비용 증가
• SMART에 비해 2배의 지상 전기자 코일 필요에 따른 비용 증가
</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>응용사례</td><td>
<table>
<tr><th>자기부상열차</th><th>화물이송시스템</th></tr>
<tr><td>
• 독일 초고속 자기부상열차 (Core Type LSM 적용, 상전도 흡인식)
• 일본 초고속 자기부상열차 (Coreless Type LSM 적용, 초전도 반발식)

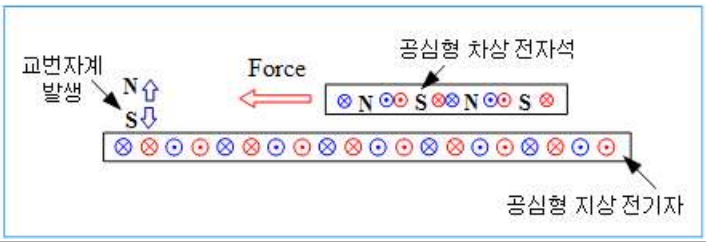
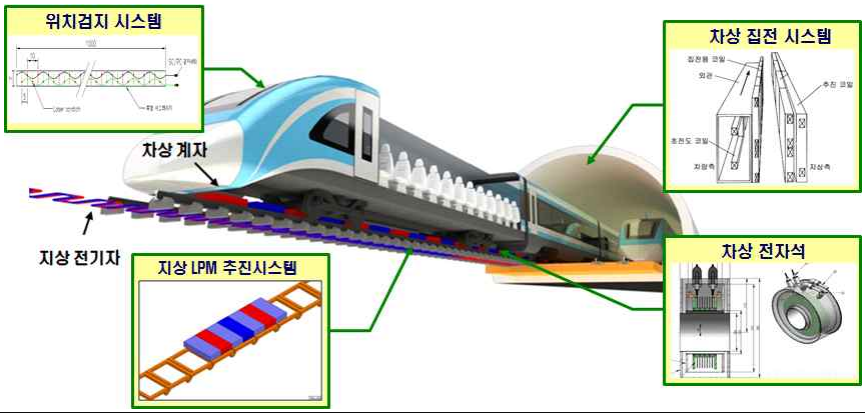


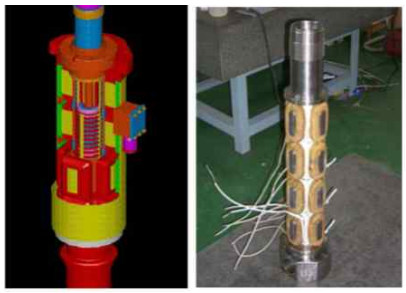
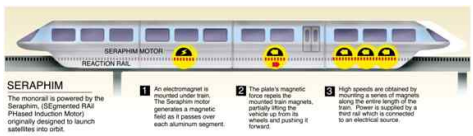
</td><td>
• 미국 General Atomics의 Cargo 운송용 MagneRail에 Coreless Type LSM 적용



</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>핵심기술</td><td>
• LSM 최적 설계 및 제작 기술
• 전자장 해석을 통한 LSM 동특성 분석 기술
• LSM 제어기 최적 설계 및 제작 기술
• LSM 고효율 제어 알고리즘 기술
• LSM 디텐트력 저감 설계 기술
• LSM의 부하각 제어를 위한 정밀 위치 센싱 기술
• 지상 급전의 섹션전환 기술 및 이를 위한 LSM 위치검지 기술
</td></tr>
</table>

<표 2-12> LPM(Linear Pulse Motor) 기반 추진시스템 특징

<table>
<tr><th></th><th>내 용</th></tr>
<tr><td>원리</td><td>• 1차측 지상 전기자 코일과 2차측 차상 전자석으로 구성되며, 구동 원리는 LSM과 유사한 리니어펄스모터 기술임.
• 1차 전기자 코일에 펄스 전원을 흘리면, 전기자에 교번자계 발생. 이때, 2차측 계자는 교번자계의 교번 속도와 동기화된 속도로 구동됨.
 
</td></tr>
<tr><td>구성</td><td>• LPM(Linear Pulse Motor)은
- 지상의 Coreless Type 단상 또는 2상의 전기자 코일 노선 및 계자의 위치에 따라 대전류를 공급하는 전력변환장치 및 섹션전환 장치
- 차상의 Coreless Type 전자석과 운전용 전원장치
- 차상에 필요한 전력을 공급하기 위한 차상 전원용 집전장치로 구성됨
 
</td></tr>
<tr><td>특징</td><td>
<table>
<tr><th>장점</th><th>단점</th></tr>
<tr><td>• 가감속 성능 우수 및 비점착 구동에 의한 등판능력 우수
• 저속부터 초고속까지 모든 속도영역 주행 가능
• LSM 수준의 높은 효율
• 구동을 위한 정밀 위치 검지 불필요(Self position detection)
• 지상전기자방식으로 전차선설비가 불필요하며, 전 구간 공심형이므로 기존 철도시스템 (전차선+TM) 보다 차량 경량화 및 터널단면적 축소로 약 20% 건설비 저감 가능
• 지상코일 매설로 기존선로와 병행운전 가능</td><td>• 차상에 계자 전자석 및 차상전원용 전력변환장치 탑재
• 지상 급전의 섹션전환을 위한 스위치기어 필요 (In-Track 방식 LIM, LSM 대비 1/10 수준)</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>응용사례</td><td>
<table>
<tr><th>산업용 액츄에이터</th><th>철도차량용 추진시스템</th></tr>
<tr><td>• 한국원자력연구원의 원자로 제어봉 구동용 튜블라 방식의 리니어 펄스모터(LPM)
  </td><td>• 미국 Sandia National Lab.의 SERAPHIM-200.
• Pulsed magnetic field와 Segmented reaction rail을 이용한 펄스타입의 LIM 기술 적용
  </td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>핵심기술</td><td>• 대용량 SMART 최적 설계 및 제작 기술
• 전자장 해석을 통한 SMART 동특성 분석 기술
• SMART 구동용 제어기 최적 설계 및 제작 기술
• SMART 구동용 고효율 제어 알고리즘 기술
• 지상 전기자 권선 저비용 성형 기술
• 대전류 공급용 전력변환장치 기술
• 블록 스위칭 및 정밀 위치/속도 검지 기술
• 차상 초전도 전자석 및 냉각시스템 기술
• 차상 전원용 집전장치 기술</td></tr>
</table>

○ 국내 선형전동기 기반 추진시스템 기술을 보유한 대표적인 기관은 한국철도기술연구원, 한국기계연구원, ㈜저스텍, 미래산업 등이 있으며, 관련 기관의 현황 및 국내의 선형전동기 기반 추진시스템 기술개발 수준은 아래와 같이 정리됨

<표 2-13> 국내 선형전동기 기반 추진시스템 기술 보유 기관의 현황

기 관 명	보유 기술 또는 특허	기술 수준	비 고
한국철도 기술연구원	각종 선형전동기 설계/제어기술	중저속 차량용 LIM 초고속 차량용 LSM	
		세계최고 기술수준 대비 상대적 수준(80%)	
한국기계연구원	자기부상열차 추진/부상용 선형전동기 기술	중저속 차량용 LIM 초고속 차량용 LSM	
		세계최고 기술수준 대비 상대적 수준(80%)	
(주)저스텍	직접구동식 리니어 모션 시스템 제작기술	4kN급 공심형 선형전동기 제작 기술	
		세계최고 기술수준 대비 상대적 수준(70%)	

<표 2-14> 국내 선형전동기 기반 추진시스템 기술개발 수준의 현황

기술명	현재 기술수준			기술개발 완료시 국내 기술수준		
	기술수준(%)	기술격차(년)	비고	기술수준(%)	기술격차(년)	비고
공심형 지상고정자 기술	80	2	성숙	90	1	상용화
지상고정자 섹션전환기술	70	3	도입	90	1	상용화
지상 인버터 제어기술	80	2	성숙	90	1	상용화
블록스위칭 제어신호 검지기술	70	3	도입	90	1	상용화
차상 마그넷 기술	80	2	성숙	90	1	상용화
차상 전력 집전 기술	70	3	도입	90	1	상용화

나. 국외 기술 개발 현황

① 자동화물운송시스템 기술 분야

○ 국외의 자동화물운송시스템 기술의 특징을 운송수단 관점, 자동화 관점, 공간적 관점, 에너지 관점, 화물 형태적 관점에서 정리하면 다음과 같음

① 운송수단관점에서는 지역특성을 고려한 order-made 기술이 주를 이루고 있음. 철도와 같은 전용 노선을 활용하거나 건설비 절감을 위하여 모노레일 방식도 고려되고 있음. 특히 수단 간 연계를 위한 인터모달 기술개발이 주류를 이루고 있음

② 자동화 관점에서는 향후 무인자동화를 통해 인력과 비용을 절감하고자 하는 기술적 지향점이 뚜렷이 나타나고 있음

③ 공간적 관점에서는 화물운송을 기존 도로교통 흐름과 분리하기 위해 고가화 하려는 노력이 꾸준히 시도되고 있음

④ 에너지 관점에서는 환경적 측면을 고려하여 전기를 동력으로 이용하는 경우가 대부분임. 특히 실용화에 근접한 FSS, ECCO 시스템 등은 선형모터를 활용하고 있음. 선형모터(LIM) 방식에 의한 구동방식이 많이 시도되고 있으나 높은 초기 투자비용 때문에 기술개발은 시범운행 수준에 머무르고 있는 실정임

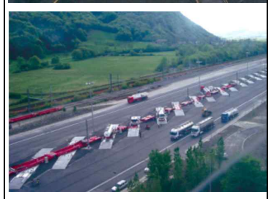
⑤ 지역적으로는 미국, 독일, 네덜란드, 일본 등지에서 활발히 진행 중임

⑥ 화물 형태적 관점에서는 컨테이너 화물형태가 우선적으로 고려되고 있으며, 하루 5,000TEU 이상의 대량화물 운송 능력을 갖추기 위한 대형화, 대량화 중심의 기술개발이 주축을 이루고 있음. 별도의 전용화차를 이용하여 궤도(전용 노선)를 따라 군집형으로 움직이는 기술이 늘어나는 추세임

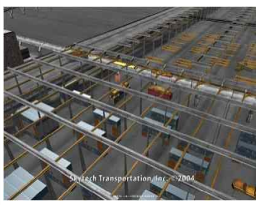
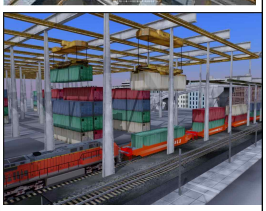
○ 국외의 자동화물운송시스템 중 개발진도가 가장 앞선 기술로 평가되는 미국의 FSS(Freight Shuttle System)는 직선주로 100m 구간에 대한 테스트베드 구축을 마치고 시범운행 중에 있음

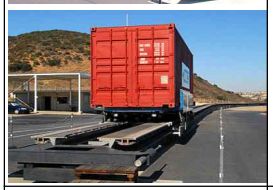
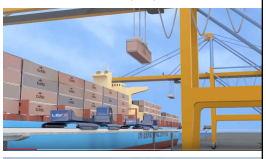
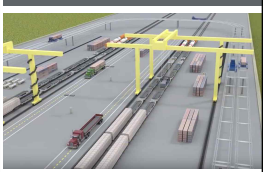
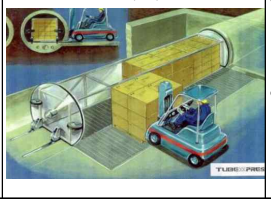
○ <표 2-14>는 국외 자동화물운송시스템 기술 현황을 보여줌

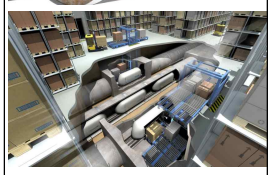
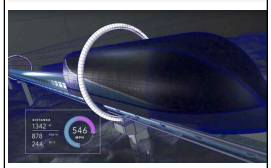
<표 2-15> 국외 자동화물운송시스템 기술 현황

구동장치 구분	시스템	운송/제어 방식	개요	기술 특징
회전형 전동기 구동	CargoRail Tram (미국) 	• 고정/자유경로 • 연료전지/CNG 하이브리드 구동 • 무인자동/유인제어	• 2007년 도로의 극심한 정체를 해결하기 위하여 미국의 MegaRail 社에서 컨테이너 수송 고무차륜차량(시제품) 개발 • 회전형 전동기를 이용하여 구동되며, 전용 선로에서는 연료전지에 의한 전기, 일반도로에서는 CNG와 같은 무공해 연료를 사용하여 이동하는 Hybrid 시스템 • 타당성 검토 완료 및 적용방안 검토 중	• 친환경성을 고려하여 연료 사용과 탄소배출을 저감하기 위한 기술로 개발되었으며 동시에 대용량 화물처리가 가능하도록 설계 • Tram들이 리드카에 연결되어 운송되며 표준화 된 컨테이너의 사용으로 운송효율이 증대되면서, 한번에 1~6개의 컨테이너 운반이 가능함 • 전용도로에서는 시간당 5,000개, 일반도로 및 고속도로에서는 일일 70,000 개 정도의 컨테이너 처리 능력 • 전용도로 이용 시 여객용은 195km까지, 화물용은 120km까지 운행 가능
	Modalohr (프랑스)  	• 고정경로(레일방식) • 유인제어이며, 화차회전방식	• 프랑스 Lohr 그룹에서 개발한 시스템으로 화차를 회전시켜 트레일러를 화차에 이적재하는 시스템 • 프랑스와 이탈리아, 룩셈부르크를 연결하는 구간에서 상업 운행 • 2007년 프랑스 Luxembourg 와 south-west를 연결하는 상업 노선 개통, 해당 노선은 프랑스에서 가장 긴 (1,050km) 화물급행 철도임 • GATE 운영상황실에서 트레일러 축중량을 점검하고 출입을 허가하며 계측소와 트레일러 보관장소를 거쳐 상하차작업 실시	• 350m 구간의 터미널에 5 ~ 6명의 전문운영요원을 배치하고 있으며 30량을 1편성으로 편성하여 운송함 • 이송차량에 회전시스템이나 실린더가 불필요하며 유지보수 용이 • 최소 300km 이상의 거리에서 도로와 경쟁 시 효과가 있으며, 전용 터미널 구간에서만 상하역이 가능함 • 시스템 적재 후 트레일러를 분리하고 나서부터는 유인자동운송시스템으로 운영하며, 1개 화물 적재 시 상차시간은 약 4분 정도 소요됨
	UCM(Underground Container Mover) (벨기에) 	• 고정경로 (파이프라인) • 무인자동 방식	• 벨기에 앤트워프항내 발생 물동량을 처리하기 위한 지하 물류시스템 • 11천 TEU/일 처리 가능, 컨테이너 취급 • 굴착 작업 비용이 과다하여 도입 여부 논란 중	• 신규 항만으로부터 기존 마샬링 야드와 강 반대편에 위치한 내륙수로 허브터미널로 40피트 컨테이너를 운반할 수 있는 지하물류시스템을 설계 및 제안 • 20개 이상의 컴퓨터가 제어하는 수직통로를 통

				해 컨테이너를 부두로부터 22m~28m 아래 위치한 지하의 컨베이어벨트로 이송한 뒤 저속 컨베이어벨트(시속 7km)로 컨테이너 하역과정에서도 정지하지 않은 채 운송이 가능
	CombiRoad (네덜란드)  	• 고정/자유경로 • 무인자동/유인제어 방식	• CombiRoad는 각 컨테이너를 세미트레일러에 적재한 뒤 고무 바퀴가 장착된 전동 AGV로 견인하는 형태의 무인자동 내륙수송시스템 • 네덜란드 국립연구소(TNO), 네덜란드 CTT와 민간기업들이 공동 출자한 ICES Combi-Road 프로젝트를 통해서 개발 • 시험운행을 거쳤으나 전용도로 건설에 막대한 비용이 소요되고, 일반차량의 심리적 불안감 유발 등의 문제로 현재는 운행되지 않고 있음	• AGV를 이용한 Combi-Road 시스템은 고정경로와 자유경로를 모두 이용하는 대표적인 사례임 • 고무차륜방식(AGV)에 회전형 전동기로 구동 • Combi-Road 차량의 최소 운행간격은 12초, 180m이며, 5대/분의 비율로 하루 24 시간, 연간 360일 기준으로 최대 단일방향 운송능력이 260만 TEU 라고 보고됨
	OLS-ASH Project (네덜란드) 	• 고정경로 (파이프라인) • 무인자동 방식	• OLS-ASH는 네덜란드 내에서도 가장 물동량이 많은 ASH 지역의 화훼물류 지원을 목적으로 개발됨 • Alsmeer-Schiphol-Hoofddorp 간을 잇는 지하물류시스템 • 컨베이어 벨트 운송, 회전형 전동기로 구동 • 현재는 예산상의 문제로 OLS 프로젝트가 중단된 상태	• OLS-ASH 지역의 지하 화훼물류 시스템에 Spykstaal Vehicle, Lödige Vehicle, DTM Vehicle 을 고려하였음 • 운송방식은 프로토타입으로 컨베이어 벨트가 선택되었으며, 구동방식은 회전형 전동기임 • 현재 개발단계는 네덜란드에서 추진되고 있는 OLS 프로젝트 중 가장 첫 번째로 구축 및 시범운영이 진행되었으나, 현재는 중단된 상태임
	Flexiwaggon (스웨덴)  	• 고정경로(레일방식) • 유인제어이며, 화차회전방식	• AB 社에서 개발 중인 시스템으로, Modalohr 와 유사하게 화차의 일부분이 회전하여 트럭 자체를 이·적재하는 방식으로, 화차는 앞부분의 대차와 가이드를 따라 분리되며, 뒷부분의 화차를 축으로 회전하도록 되어 있는 시스템 • 유럽, 캐나다, 미국과 같이 철도를 이용하여 장거리 운송	• 화차에는 유압구동식 가이드, 가이드 받침용 유압 받침대, 화차 회전축 그리고 트럭진입을 위한 가이드 유동장치로 구성됨 • 컨테이너 화물트럭 자체를 이동시킬 수 있을 뿐만 아니라, 버스, 승용차까지 운반 가능하며, 최고 160km/h 주행할 수 있음 • 각 화차 및 화물을 이적재하는데 약 7분의 시간이 소요되며, 장소에 구

			을 하는 나라와 도로 인프라가 충분하지 않은 나라에 적합한 시스템으로 여겨지며, 시장을 개척하기 위하여 노력하고 있는 중	애 받지 않고 이적재할 수 있음
	ACT(Automated Container Transporter) (인도네시아)  	• 고정경로 (모노레일) • 무인운전 방식	• 인도네시아 Adhi Karya 라는 공기업에서 개발한 시스템으로써 컨테이너 화물운송을 위한 모노레일 방식 시스템 • Tanjung Perak 항과 Teluk Lamong 항 간의 높은 물동량으로 인해 발생하는 도로의 지·정체를 해소하기 위한 목적으로 개발 • 개념설계 단계에서 사업 중단	• 고무바퀴를 이용한 복선의 모노레일 형태이며, 동력은 회전형 전동기를 사용함 • 모노레일 형태로써 시스템의 중량이 상대적으로 작기 때문에 구축비용이 낮고, 높은 높이로 올려서 이동하기 때문에 주변 도로 및 철도 인프라와 지형의 영향에서 비교적 자유로움 • 인도네시아 정부에서는 향후 해당 시스템을 확장하여 국내 원자재 물동량 의 70%를 해당 시스템으로 처리 기대
선형 전동기 구동	SkyTech Transportation (미국)  	• 고정경로(모노레일 방식) • 선형유도전동기(LIM)을 적용한 추진 방식 • 무인자동 방식	• 고가 궤도에 설치된 LIM(Linear Induction Motor, 선형유도전동기) 방식의 Vehicle을 이용하여 화물용 컨테이너를 선박에서 터미널이나 하차장까지 자동으로 운송하기 위한 시스템 • 시험사업(테스트) 진행 중	• 운송방식 및 구동방식은 고가 궤도 LIM Vehicle 방식임 • 단일 트랙에서 하루에 8,000개의 컨테이너 운송이 가능하며, 6개의 트랙을 이용하면 하루에 48,000개의 컨테이너 운송 용량을 갖출 수 있음 • 터미널이나 하차장에서의 고가 궤도는 자동화된 격자 구조의 시스템으로써, 터미널 내에 차도가 필요 없으므로 컨테이너 적재 면적 확보에 유리함 • LA의 Long Beach 항의 한진 터미널에 데모시설이 구축되어 있음
	FSS (Freight Shuttle System) (미국)   	• 고정경로(모노레일 방식) • 선형유도전동기(LIM)를 적용한 추진 방식 • 무인자동이며, 화차회전방식	• Texas Transportation Institute에서 개발한 컨테이너 화물 운송 전용 기술 • 미국의 자동화물운송 시스템 중 개발 진도가 가장 앞선 기술로 평가 • 2010년 비즈니스 모델 구축 → 현재 실물 크기의 프로토타입 개발 완료 • FSS는 트럭과 철도의 우수한 특징을 통합한 새로운 형태의 하이브리드 시스템	• 양방향 Shuttle 시스템은 선형유도전동기(LIM)의 Primary는 차량에 장착되며, 알루미늄-스틸 플레이트는 궤도에 설치되는 기술로, 이 기술을 이용한 궤도를 따라서 30 ~ 70mph의 속도로 한 번에 한 개의 컨테이너 운송이 가능함 • 가이드를 위한 스틸 휠 구조를 가지며, 부상시스템은 포함되지 않고, 100 ㎞/h로 주행하며 트럭에 직접 적재가 가능함 • 2010년 FSS 시스템 개념

			• FSS는 Lo/Lo(Lift-on/Lift-off)방식으로 컨테이너만 적재한 뒤 운송하기도 하고, 컨테이너를 트레일러에 적재한 상태로 운송 가능 • 시험사업(테스트) 진행 중	을 대상으로 특허 출원을 시작하였으며, 다수 특허 등록에 관한 상을 받을 만큼 관련 기술을 활발하게 개발 및 특허 출원하고 있음
	ECCO System (Electronic Cargo Conveyor System) (미국)   	• 고정경로 방식 • 선형동기전동기(LSM)을 적용한 자기부상 추진 방식 • 무인자동 방식	• 미국의 General Atomics 社에서 개발하고 있는 ECCO(Electric Cargo COnveyor) System은 컨테이너를 조용하고 효과적으로 움직일 수 있는 환경 친화적 시스템 • 2004년 샌디에이고 (400ft, 121.92m) 시험선로 개발 완료 • 시험사업 진행 중 정치적 문제로 중단됨	• EECO는 미국의 General Atomics에서 개별 운행방식으로 프로토 타입을 개발하였음 • Halbach배열의 영구자석형 자기부상시스템과 권선형 선형동기전동기(LSM) 추진 방식을 사용 • 최근 Los Angeles 항과 Intermodal 시설간의 5마일 시범사업을 통해 하루 5,000 개의 컨테이너를 처리할 수 있는 시스템의 가능성 검증
	Container Freight (미국)   	• 고정경로 방식 • 선형동기전동기(LSM)를 적용한 자기부상 추진 방식 • 무인자동 방식	• 영구자석을 이용한 반발식 자기부상시스템을 개발하고 있는 LEVX 社에서 제안한 시스템으로, 자기 서스펜션 전용 노선 및 차량을 이용하여 중량화물을 이동시키는 시스템 • 시험사업(테스트) 진행 중	• 선형유도전동기(LIM)를 변형한 Linear Drive 시스템(특허를 보유하고 있음)을 이용하여, 마찰 없이 이동 및 방향 전환, 제동 가능 • 자기부상열차와 비슷한 방법으로 별도의 전원없이 자력의 반발력을 이용하여 레일 위로 중량화물을 마찰 없이 이동시킬 수 있는 자기 서스펜스 방식의 부상시스템을 갖춤 • 향후 Port Angeles의 공간부족 문제 해결과 물동량 처리를 위하여 적용을 검토하고 있으며, Port Angeles 에서 Full scale로 테스트 진행 중임
	TubeXpress (SUBTRANS) (미국) 	• 고정경로/파이프 라인 방식 • 선형유도전동기(LIM)을 적용한 추진 방식 • 무인자동 방식으로 화물 단위 수송용	• TubeXpress는 지하 튜브 라인을 이용한 컨테이너 자동운송 시스템 • 파이프라인에 맞도록 설계된 캡슐 자체나 캡슐을 운반하는 철도에 화물을 실은 뒤 물류거점 간에 화물	• 지하 튜브라인은 통상적으로 콘크리트 파이프라인 으로 구축되며 직경 2m 튜브 내에 만들어진 철로를 따라 설치된 선형유도전동기(LIM)에 의해 구동되며, 가이드 휠을 갖춘 시스템임 • 아직 뚜렷한 적용대상지

			을 운반하는 시스템 • 시험사업(타당성 검토) 진행 중	역은 선정되지 않은 것 으로 조사되었음
	CargoCap (독일)   	• 고정경로/파이프 라인 방식 • 회전형 견인전동기를 적용한 휠-레일 방식과 선형유도전동기(LIM)을 적용한 추진 방식이 가능함 • 무인자동 방식으로 화물 단위 수송용	• 독일의 교통 혼잡과 이로 인한 막대한 사회비용을 줄이는 것을 목적으로 Ruhr University of Bochum에서 24시간 무인 자동수송 시스템 개념을 개발하였으며, CargoCap은 독일의 CARGOCAP사에서 팔래트 적재를 목적으로 개념을 구체화한 자동운송차량 시스템임 • 150km 반경지역 내 운송을 목표로 설계되고 있으며, DC500V의 전기로 구동하고 중앙조정실에서 무인자동 제어하는 화물운송용 캡슐시스템 • 시험사업(테스트) 진행 중	• CargoCAP은 최대 40㎞/h, 평소 36㎞/h로 주행하며, 튜브형태로 캡슐과 튜브 방식을 사용하며, 회전형 전동기를 이용한 휠-레일 추진방식이나 선형유도전동(LIM) 추진방식의 적용이 가능함 • 2006년에 지상모델 실험을 완료하였으며, 유럽 표준파렛트(T12) 2개를 적재할 수 있는 캡(Cap)이라고 불리는 반송차들을 연결하여 제어하는 시험운행이 진행 중임 • 주요 취급 대상화물은 포장 화물로, 발달된 경제구조와 높은 인구밀도를 가진 지역에 고속으로 화물을 운송하기에 적합하며 대표적으로 음식, 소비재, 생산부품 등
	Hyperloop  	• 고정경로/파이프 라인 방식 • 선형유도전동기 (LIM)또는 선형동기전동기(LSM)을 적용한 추진방식과 별도의 자기부상방식을 적용한 시스템 • 무인자동 방식으로 컨테이너 단위 수송용	• 2013년 8월에 엘런 머스크(테슬라 CEO)가 진공 튜브 안에서 캡슐 형태의 고속열차가 사람이나 물건을 실어 나르는 시스템인 Hyperloop를 제시한 이후 여러 회사들이 하이퍼루프 개발에 뛰어듬 • Hyperloop는 진공 튜브를 이용해 사람이나 화물을 실은 운송수단을 시속 1000㎞/h 이상의 수준으로 이동시킬수 있는 자동운송시스템 • 미국의 Hyperloop One과 HTT(Hyperloop Transportation Tech.) 두 회사에서 실용화 프로젝트를 진행 중	• 미국은 Hyperloop 기술개발을 위하여 The SpaceX Hyperloop Pod Competition을 매년 개최하고 있으며, 이 대회를 통하여 Hyperloop 관련 기술 개발을 주도하고 있음 • Hyperloop 시스템의 주요 구동기술은 선형유도전동기 (LIM)또는 선형동기전동기(LSM)을 적용하는 추진방식과 별도의 자기부상 방식을 적용하는 방식으로 개발이 진행되고 있음 • 2017년 1월에 MIT의 Hyperloop 개발팀에서 최초의 저진공 상태에서의 Pod 주행성능시험 수행

② LM 기반 추진시스템 기술 분야

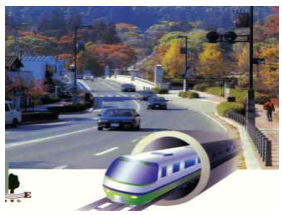
○ 국외에서 선형전동기 중 LPM의 최초 출현은 1966년 미국의 Fredrickson이 가변 릴럭턴스(Variable Reluctance, VR)형과 하이브리드형에 관한 특허를 출원한 것을 시발점으로 하여 1968년에는 자동 제도기에 이용되었고, 같은 해에 Sawyer는 3상 VR형 공기부상식 LPM을 개발함

○ LIM을 이용한 지하철 또는 경전철의 국외 개발 동향을 살펴보면, 일본, 캐나다, 미국 등을 중심으로 연구되어졌으며, 1980년대 후반부터 상용화가 이루어졌음. 2007년 현재 리니어 전철을 자체적으로 설계제작 가능한 국가는 캐나다와 일본 2개 국가가 있음. 캐나다 Bombardier사는 미국, 말레이시아, 중국, 한국 등에 MK-I, MK-II 모델의 리니어 경전철차량을 수출하고 있으며, 일본에서는 국산화된 기술을 바탕으로 자국의 5개 도시에서 LIM 지하철을 운행하고 있음

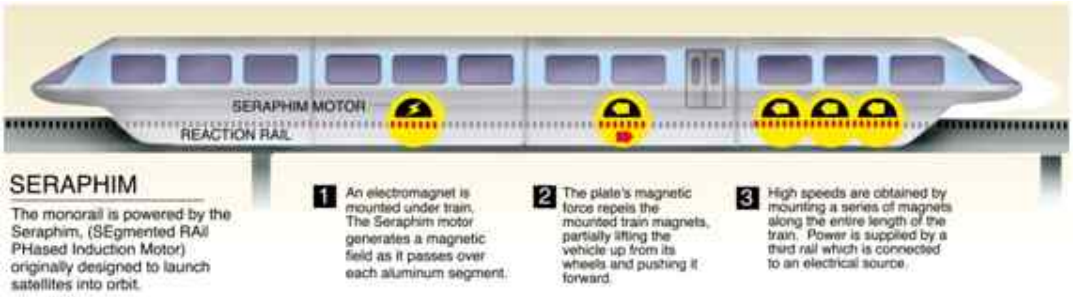
○ LIM 적용 지하철 관련 일본의 경우, 1985년 4월부터 운수성이 주관하여 산·학·연·관 합동으로 지하철의 저가격화에 관한 연구개발을 시작한 이래 1987년 3월부터 오사카에 1,885m의 시험선을 설치하여 LIM 추진시스템 적용 차량의 안전성, 경제성 등의 평가시험을 실시하였으며, 사단법인 일본 지하철협회가 ‘선형전동기 구동 소형 지하철 시스템’의 연구로 최고속도 70km/h, 길이 1,850m, 구배 60‰, 40‰의 선로를 오사카에 설치하여 연구를 수행. 오사카 7호선, 동경 12호선 등의 상용화선이 대표적인 경우로서 기존 지하철에 비하여 LIM을 이용한 경우 터널의 단면적을 64% 정도까지 줄일 수가 있어서 전체 건설비의 70% 이상을 차지하는 터널공사비를 대폭 경감시킬 수가 있었음

○ LIM 적용 경전철 관련 캐나다의 경우, UTDC(캐나다 온타리오의 도시수송개발공사, Urban Transit Development Corporation, Ltd)사는 1970년대부터 선형전동기를 이용한 수송시스템을 개발하기 시작하여 지금은 ALRT(Advanced Light Rapid Transit)시스템으로 상용화를 달성하였음. 세계최초로 선형전동기 전철을 개발하여 1985년에 토론토의 스카보로(Scarborough)에 시스템을 건설하였고, 그 후 밴쿠버의 스카이트레인, 디트로이트의 피플무버(People Mover)를 건설하여 상용화시켰음. 현재 캐나다에서는 Bombardier사가 기술을 이전받아, 미국의 디트로이트, 뉴욕 JFK 공항 순환노선, 말레이시아 쿠알라룸푸르의 리니어 전철 시스템을 설계, 제작한 바 있으며, 한국의 용인 경전철, 중국 북경의 공항노선에 리니어 전철시스템을 건설하였음

<표 2-16> 일본과 캐나다의 LIM 추진시스템을 적용한 지하철/경전철 개발 현황

일본의 리니어 지하철		캐나다의 리니어 경전철	
이미지	주요 사양	이미지	주요 사양
	오사카 Line No.8 개통시기 : 1990년 노선연장 : 26.9km 제작사 : Kawasaki 정거장 : 5개 최급구배 : 60‰ 최소곡선반경 : 100m		벤쿠버 Skytrain 개통시기 : 1986년 (1994년 연장) 노선연장 : 49.5km 제작사 : Bombardier 최고속도 : 80km/h 열차편성 : 2~4량
	도쿄 Oedo Line 개통시기 : 1997년 노선연장 : 40.7km 제작사 : Hitachi 정거장 : 38개 최급구배 : 55‰ 최소곡선반경 : 100m		미국 뉴욕 Airtrain JFK 개통시기 : 2003년 노선연장 : 13km 제작사 : Bombardier 최고속도 : 110km/h 열차편성 : 1 ~ 4량
	고베 Kaigan Line 개통시기 : 2001년 노선연장 : 7.9km 제작사 : Kawasaki 정거장 : 10개 최급구배 : 50‰ 최소곡선반경 : 100m		말레이시아 Putra 개통시기 : 1998년 노선연장 : 29.2km 제작사 : Bombardier 정거장 : 24개 열차편성 : 4량
	중국 광저우 개통시기 : 2005년 노선연장 : 14.11km 제작사 : Kawasaki 정거장 : 5개 열차편성 : 4량		한국경기도 용인에버라인 개통시기 : 2013년 노선연장 : 18.6km 제작사 : Bombardier 정거장 : 15개 열차편성 : 1량
	후쿠오카 Nanakuma Line 개통시기 : 2005년 노선연장 : 12km 제작사 : Hitachi 정거장 : 16개 최급구배 : 60‰ 최소곡선반경 : 100m		
	요코하마 Line No.4 개통시기 : 2007년 노선연장 : 12.9km 정거장 : 10개 최급구배 : 60‰ 최소곡선반경 : 100m		
	센타이 Tozai Line 개통시기 : 2015년 노선연장 : 14km 정거장 : 13개 최급구배 : 60‰ 최소곡선반경 : 100m		

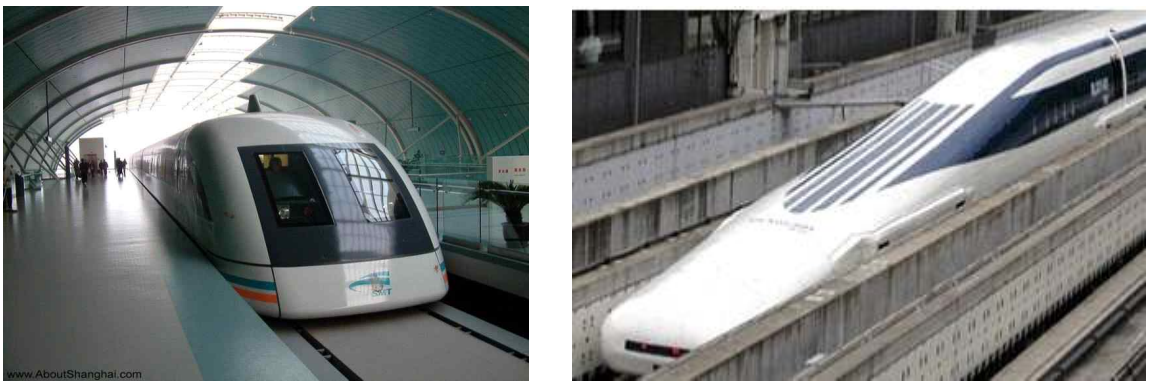
○ 미국에서는 Sandia National Lab.에서 1995년도에 SERAPHIM-200(SEgmented RAil PHased Induction Motor) 프로젝트를 수행하였으며, 일반적인 LIM과 다르게 Pulsed magnetic field와 Segmented reaction rail을 이용한 펄스타입의 LIM 기술을 선보임



<그림 2-36> SERAPHIM 열차 concept (Vertical reaction plate 방식)

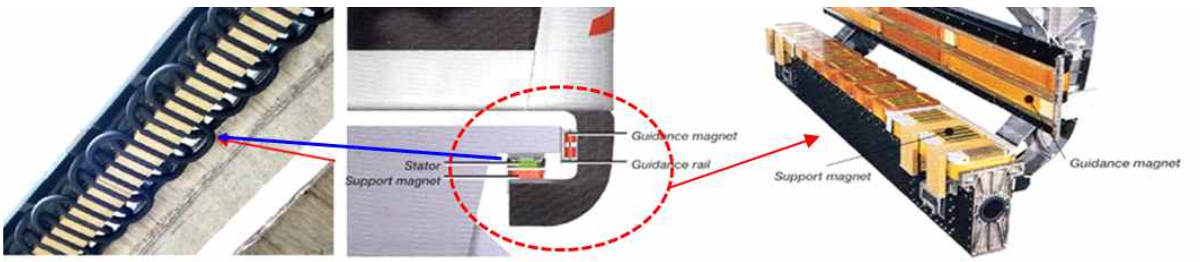
○ 독일의 엘리베이터 제조기업 티센크루프(Thyssenkrupp)은 1970년 초부터 흡인식 전자석 방식의 LSM 기술을 적용하여 500km/h 급 초고속 자기부상철도인 Transrapid를 개발하였으며, 중국 상하이에 세계 최초로 영업노선을 구축하여 2004년부터 운행 중에 있음

○ 독일의 Thyssenkrupp는 또한 2016년 6월 독일 소도시 로트바일에서 세계 처음으로 케이블(줄) 없이 LSM으로 이송하는 엘리베이터인 '멀티(MULTI)'를 선보였음. 이 엘리베이터는 본체를 들어 올리는 줄 없이 건물 벽에 설치된 선로를 따라 수십m를 오르내리는 데 성공했으며, '멀티'는 2020년 독일 베를린에 완공될 이스트 사이드 타워에 처음 도입될 예정임

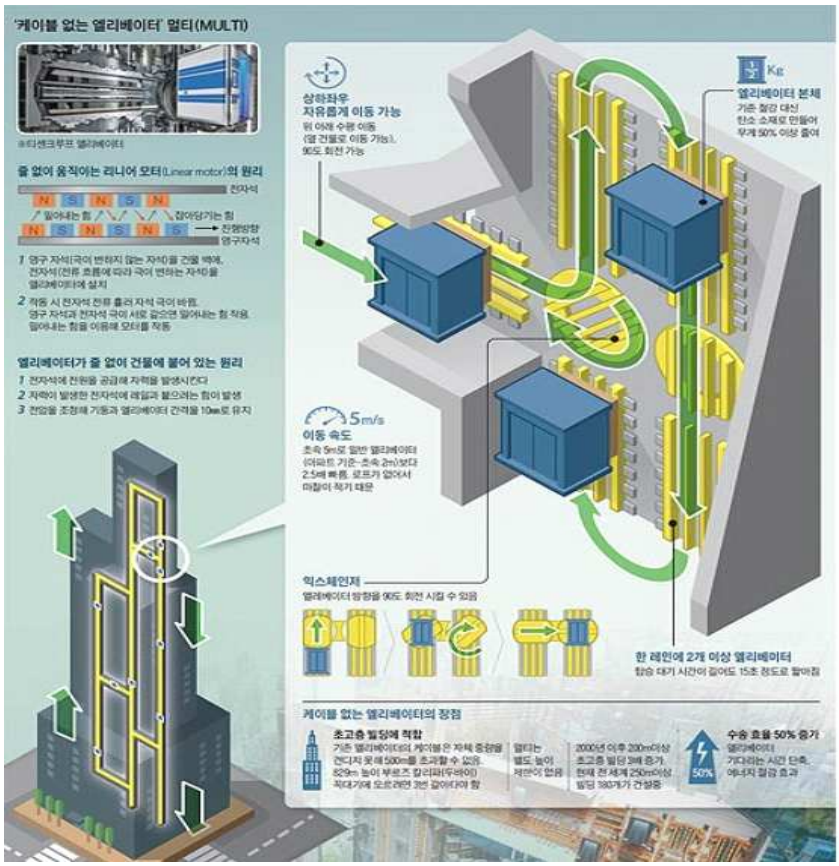


(a) 흡인식 자기부상열차 (b) 반발식 자기부상열차

<그림 2-37> 국외의 LSM 추진시스템 적용 초고속 자기부상열차



<그림 2-38> 독일 초고속 자기부상열차용 흡인식 전자석 방식의 LSM 추진시스템

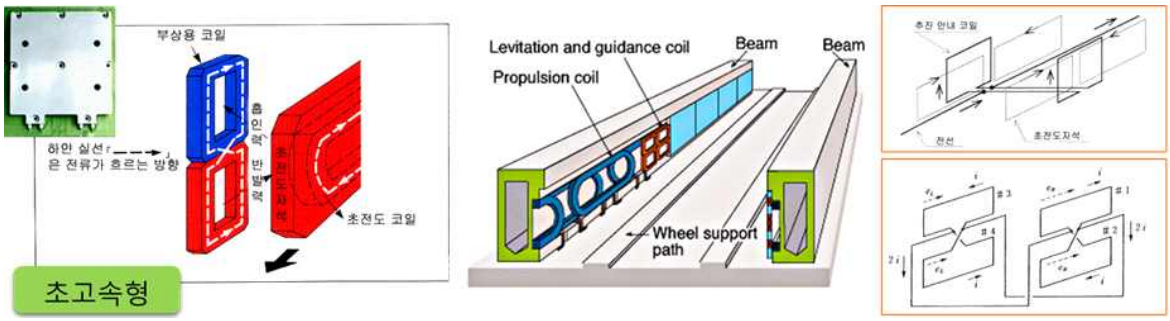


<그림 2-39> 독일 LSM으로 이송하는 엘리베이터인 '멀티(MULTI) 시스템

○ 일본은 토카이도 신칸센 노선(도쿄~오사카)의 포화로 대체선로의 필요성이 증가하면서 추오 신칸센 계획을 수립(신칸센 철도정비법 제4조)하고, 1970년도부터 초전도 전자석을 이용한 LSM 기술을 적용하여 500km/h 이상의 초고속 자기부상철도를 개발하였으며, 도쿄와 오사카 간 약 500km 구간을 초전도 자기부상열차로 약 1시간 내에 주파하는 영업 노선을 계획하고, 전체노선 중 1단계 사업으로서 도쿄에서 나고야까지 약 290km 구간을 2014년 12월에 착공하여 2027년까지 건설 완료하는 것을 목표로 함



<그림 2-40> 초고속 자기부상열차가 적용되는 일본의 주오신칸센 노선도



<그림 2-41> 일본 초고속 자기부상열차용 초전도반발식 전자석 방식의 LSM 추진시스템

○ 국외의 이송체 관련 차상 급전을 위한 무선전력전송기술과 관련하여, 독일, 프랑스, 영국 등을 포함하는 유럽연합에서는 2002년도부터 EVIAC (Electric Vehicle Inductive Automatic Charging)를 구성하여 전기자동차 및 경량전철에 활용할 수 있는 무선전력전송기술을 공동 개발하고 있음

○ 비접촉 차상 집전기술을 수송시스템에 적용한 사례로는 미국 라스베가스 관광객 수송을 위한 환경 친화적인 궤도전용 유도 급전 경량전철에 상용화 하였으며, 뉴질랜드의 경우 오크랜드 대학에서 연구를 수행하여, 환경 친화적인 도로전용 유도급전 소형자동차시험선을 구축하여 상용화 검증시험이 진행 중임

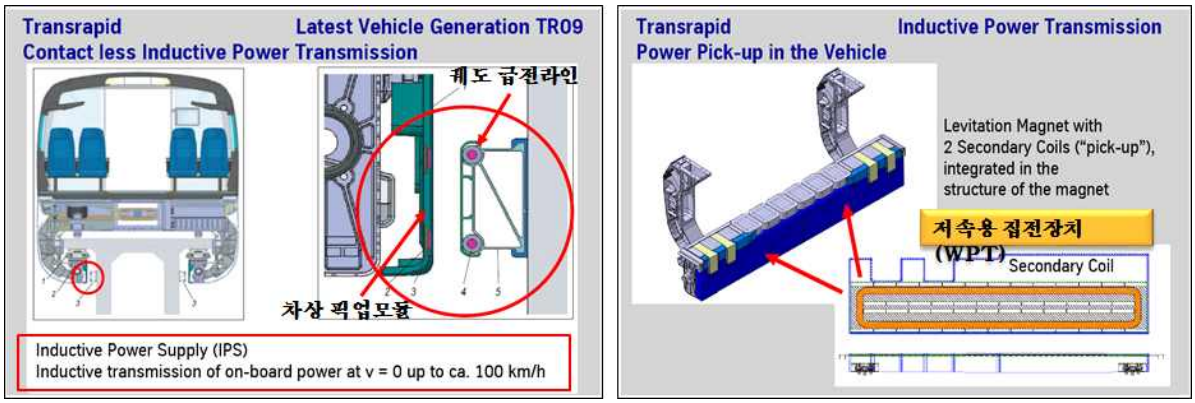
○ 독일은 Bombardier에서 무선전력전송 기술이 적용된 Primove 트램시스템을 개발함. Primove 트램시스템은 가공차선 없는 전력공급 시스템을 제공하며, 지상 급전선로를 8m 간격으로 Segment화 했으며, 운영 공극은 60~100mm임. 초기에 단상 공급 시스템으로 개발했지만, 나중에 3상 시스템으로 변경. 독일 Bautzen 및 Augsburg 시험선에서 시험 완료.



<그림 2-42> 독일은 Bombardier에서 개발한 무선전력전송 기술이 적용된 Primove 트램시스템

○ 독일의 500km/h 초고속 자기부상철도의 경우 역사 등 저속주행 구간에서의 차량급전을 목적으로 공진방식의 무선전력전송기술을 적용하고 있으며, 100km/h 이상의 고속 주행구간에서는 선형 발전기식 무선전력전송기술을 적용하고 있음

○ 일본의 MLX는 전 속도구간에서 무선전력전송 방식의 차상집전 시스템을 개발하여 채용하고 있으며, 차상 집중식 및 차상 분산식 두 가지 방법을 적용중임



<그림 2-43> 독일 Transrapid09의 저속용 무선전력전송 방식의 차상급전시스템 (차상 파트)

<표 2-17> 선형전동기 적용 다양한 철도차량의 서스펜션, 안내, 구동방식 조합 현황

시스템	서스펜션 방식	안내 방식	구동 방식	3상전기자 설치위치	운영 최고속도	현황
M-Bahn (독일)	Rubber Wheels & Permanent Magnet	Rubber Wheels	Linear Synchronous Motor	Ground	40km/h	박물관
버밍엄 Poeople Mover(영국)	Electro-Magnetic Suspension	Electro-magnets	Linear Induction Motor	Onboard	<70km/h	박물관
Linimo (일본)	Electro-Magnetic Suspension	Electro-magnets	Linear Induction Motor	Onboard	100km/h	상업운행 중
Transrapid (독일)	Electro-Magnetic Suspension	Electro-magnets	Linear Synchronous Motor	Ground	>400km/h	상업운행 중
JR-Maglev (일본)	Electro-Dynamic Suspension	Electro-dynamic guidance : Null-flux type	Superconducting Linear Synchronous Motor	Ground	>500km/h	주오신칸센에 적용 예정 (건설중)
Innovia Metro & 일본 Linear Metros	Iron Wheel & Rail	Iron Wheel & Rail	Linear Induction Motor	Onboard	>100km/h	상업운행 중

○ 국외의 선형전동기 기반 추진시스템 기술을 보유한 기관의 현황은 다음과 같음

<표 2-18> 국외 선형전동기 기반 추진시스템 기술 보유 기관 현황

기관명	보유 기술 또는 특허	기술 수준
일본 히타치, 미쓰비시	LIM을 적용한 도시철도차량용 추진시스템	120kW급, 공극 12mm, On-board방식
		세계최고 대비 상대적 기술수준 (100%)
캐나다 봄바디어	LIM을 적용한 경전철용 추진시스템	110kW급, 공극 9mm, On-board방식
		세계최고 대비 상대적 기술수준 (100%)
독일 Thyssen Krupp	LSM을 적용한 상전도흡인식 자기부상/추진시스템 기술	430km/h급 상해 상용화 라인 구축 및 운영 기술
		세계최고 대비 상대적 기술수준 (100%)
일본 RTRI	LSM을 적용한 초전도반발식 자기부상/추진시스템 기술 및 극저온 냉각기술	580km/h급 차량 시험라인 구축 및 운영 기술
		세계최고 대비 상대적 기술수준 (100%)
독일 Transrapid	비접촉 집전기술 및 선형발전기술	정지 시에서 최고 500km/h 까지 비접촉 집전 기술 달성
		세계최고 대비 상대적 기술수준 (100%)
일본 RTRI	차상 집중식 및 분산식 비접촉 집전기술	초전도 계자를 이용한 측면 집전 기술
		세계최고 대비 상대적 기술수준 (100%)

3. 네트워크 기반 통합 제어시스템 기술

가. 국내외 기술 개발 현황

○ 국내에서는 해운·항만 물류의 통합관리정보 시스템 (Yes! U-Port : Your future E-business Safe voyage Your Future-Port) 사업을 추진중임. 이는 국내 해운항만 정보시스템을 통합하고 유비쿼터스 개념을 도입하여 종합적인 IT Port 네트워크를 실현하기 위한 시스템임

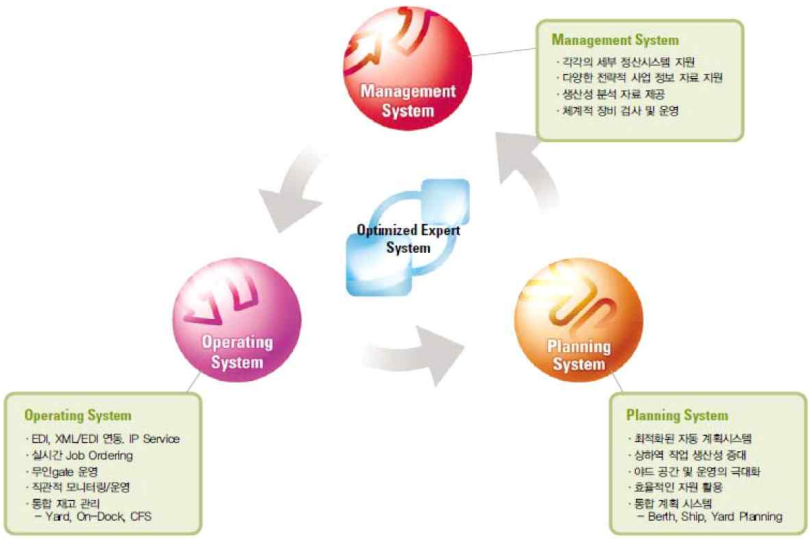


<그림 2-44> Yes! U-Port의 구성

○ Yes! U-Port의 화물관리 영역의 컨테이너터미널 운영정보시스템(ATOMS)과 컨테이너 추적 시스템(GCTS)이 본 과제에서 수행하고자 하는 네트워크 기반 통합 제어시스템과 깊은 연관성이 있는 것으로 판단됨

○ 컨테이너터미널 운영정보시스템 (ATOMS: Advanced Terminal Operation & Management System)은 컨테이너 터미널의 생산성과 효율성을 극대화하기 위해 터미널의 모든 생산 활동을 Planning, Allocating, Scheduling, Controlling, Monitoring 하는 최상의 통합 정보시스템임

○ ATOMS는 시스템의 실사용자인 터미널의 다양한 요구사항을 충분히 만족시킬 수 있도록, 지식기반 전문가 시스템, 3-Tier 구조의 C/S 환경 및 최적화 알고리즘 등 최신 기술을 적용하여 설계되었음



<그림 2-45> ATOMS의 구성

○ ATOMS는 계획, 운영, 관리 시스템으로 구성되며, 계획 시스템은 선적 계획, 본선 계획, 야드 계획 시스템 그리고 본선과 야드의 구조를 정의할 수 있는 Configuration 으로 구성되고 운영 시스템은 실시간 운영을 담당하는 C/S 환경의 Gate, 야드, 본선 등의 운영시스템과 모니터링 컨트롤 시스템, EDI / IP 서비스로 구성되며 관리 시스템은 정산, 통계 분석 그리고 장비 관리로 구성됨

○ ATOMS는 계획, 운영, 관리 시스템은 메인 DB 서버를 중심으로 서로 연계되어 각 역할을 수행하게 됨. 3-Tier 구조의 운영제어시스템은 Application 서버에 위치하며 모니터링 컨트롤 시스템, 클라이언트로 구성되며 EDI 시스템을 통해서 여러 가지 정보를 외부와 송수신하게 됨



<그림 2-46> ATOMS 시스템 개념도

○ 사용자의 편의성을 고려한 GUI 디자인을 채택하였으며, G/C 이동가능 거리와 수리일정을 고려한 최적의 선석위치 결정 지원기능, 통계자료를 이용한 작업시간 및 ETD 추정 기능, 다양한 생산성 분석 정보 제공 등의 기능을 지원함

○ 국외에서는 2015년 네덜란드 로테르담항, 2016년 미국의 롱비치항에 이어 중국은 2017년 5월 아시아 최초로 칭다오항에 완전무인자동화 컨테이너터미널(FACT : Fully Automated Container Terminal)을 개장



<그림 2-47> 중국 칭다오 QQCT 자동화컨테이너터미널 (안벽-야드 자동이송작업)

○ FACT는 컨테이너 하역과 이동을 기계 스스로 수행하는 로보틱 항만으로 4차 산업혁명이 실현되는 대표적 물류시설로서 인공지능을 기반으로 항만 내 모든 하역·이동장비들이 완전 무인으로 운영되는 상황을 고려하여 설계됨

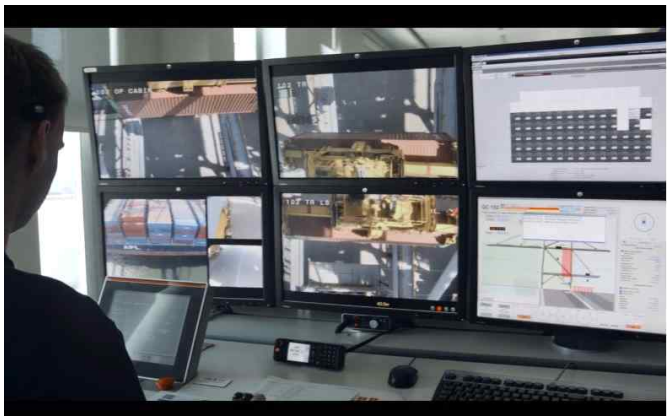
○ FACT는 로보틱 항만으로 지칭되기도 하는데 이는 최첨단 물류시설로 화물을 싣고, 내리고, 운반하는 모든 작업을 사람이 없이 기계 스스로가 수행하기 때문임. 예컨대 롤스로이스에서 발표한 무인선박(Drone Ship)과 같은 개념으로 선박 내 승무원이 없고, 육상에서 원격관제를 통해 항해중인 무인선박을 조종하는 것과 동일함

○ FACT는 로보틱스와 지능화된 컴퓨터가 운영하기 때문에 사람이 운전하는 것보다 안전하고, 저렴하고, 효율적으로 운영 가능함

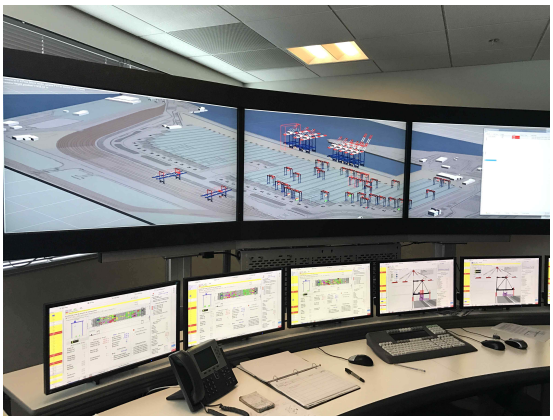
○ 4차 산업혁명에 대한 관심과 함께, 세계적인 GTO(Global Terminal Operator)인 DPW(Dubai Port World)에서는 항만물류분야에서 혁신적인 ICT 도입을 통해 현 저성장 상황을 극복해야 한다고 하였음

○ 항만・물류분야에 필요한 ICT 주요 핵심 기술은 ①로보틱스와 자동화 ②자율주행차 ③IoT와 빅데이터 ④시뮬레이션과 VR ⑤사이버보안 등임

○ 터미널 내 모든 물류흐름은 로보틱 장비와 자율주행, 그리고 지능형 운영시스템에 의해 운영됨. 2015년 이후 건설된 완전무인자동화터미널은 선박에 컨테이너를 싣고 내리는 작업을 중앙통제실에서 원격으로 제어함



<그림 2-48> 중앙통제실 원격제어

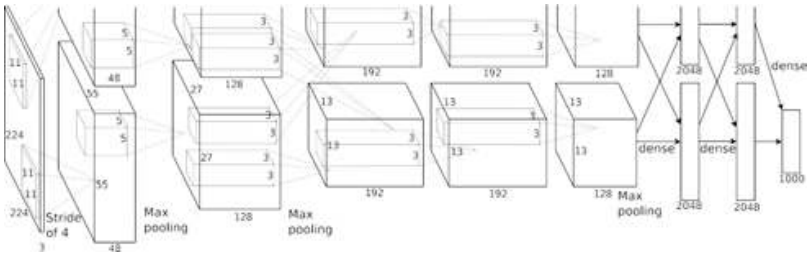


<그림 2-49> 중앙통제센터(LBCT)

① 이송차량 간 상호 충돌방지 기술 국내외 개발 현황

○ 이송차량 간 상호 충돌 방지 기술을 개발하기 위해 컨테이너를 영상에서 인식하는 기술이 필요함. 최근 딥 러닝(deep learning) 기술의 발전으로 영상 이해와 자연어 처리와 같은 기존 인공지능 분야에서 괄목할만한 성과를 거두고 있음

○ 특히 2012년 이미지넷 챌린지에서 토론토 대학이 최초로 다음과 같은 CNN (Convolutional Neural Network)을 이용한 AlexNet으로 영상 분류 부문에서 16.4%의 Top-5 에러로 우승하여 영상 인식 분야에 본격적으로 CNN이 사용되는 계기를 마련함



<그림 2-50> AlexNet의 CNN 구조도

○ 이미지넷 챌린지(ImageNet Challenge)는 영상 분류와 객체 검출 분야 경진대회로 이전에 존재하지 않던 대규모 영상 데이터베이스를 구축하여 대용량 영상 분류와 객체 검출 분야의 연구를 활성화하기 위해 2010년에 시작된 workshop으로, 실제 100만장의 학습 데이터(training set), 5만장의 밸리데이션 데이터(validation set), 10만장의 테스트 데이터(test set)로 구성되어 있음

○ 2012년 이후 이미지넷 챌린지에 참여한 팀들은 대부분 CNN 기반 알고리즘을 사용하고 있으며 주로 CNN의 구조를 변형하여 학습 효율성을 높이고 성능을 향상시킨 방법들이 많이 등장함

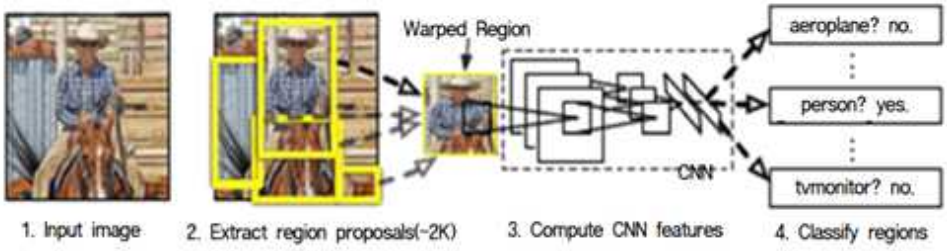
○ 2013년 우승팀인 Clarify 사는 AlexNet의 컨볼루션 필터 크기를 줄인 ZFNet을 제안하였고, 2014년에 등장한 옥스포드 대학의 VGGNet과 구글의 GoogleNet은 필터의 크기를 줄이고 층의 개수를 늘려 네트워크를 깊게 만드는 것이 네트워크의 표현력을 높이는데 유리하다는 것을 증명함

○ 한편 객체 검출 문제는 영상 한 장의 클래스를 분류하는 영상 분류 문제와 달리 영상에서 객체에 해당하는 부분을 찾아 객체의 외곽 상자(bounding box)를 결과로 출력하는 문제로 영상 한 장에서 여러 종류의 객체가 검출될 수 있어 영상 분류보다 어려운 문제임

○ 객체 기술은 외곽상자를 추정하기 위해 영상에서 객체의 외곽상자에 해당하는 후보군을 검출하는 기능과 후보군 영상을 잘라내 CNN을 통해 객체를 분류하는 기능으로 구성이 되어 있는데, 이 때 CNN은 일반적으로 영상 분류에 사용하는 CNN과 같은 구조를 사용하며 CNN 성능이 객체 검출 성능에 큰 영향을 미침

○ 기존의 객체 검출은 SIFT (scale-invariant feature transform), SURF (speeded0up robust feature), HOG (Histogram of oriented gradient)와 같은 특징들을 추출한 후 이것을 기계학습 방법들을 이용하였음. 이러한 접근법으로는 성능 향상에 한계가 있었고 이 문제를 해결하기 위하여 2012년 이후 CNN을 활용하여 객체를 검출하는 연구가 많이 진행되었음. R-CNN은 selective search 알고리즘을 기반으로 입력 영상 내 객체 후보 영역을 정한 후 각 영역에 대하여 CNN을 거쳐 SVM (support vector machine)을 이용하여 영역 내 객체 패턴의 클래스를 분류함. R-CNN이 기존의 특징 기반의 객체 검출 방법들에 비해 좋은 결과를 보이지만 selective search와 같은 별도의 프로세스가 필요하며, 이 프로세스의 결과로 대량의 후보 영역과 각

영역에 대한 CNN 연산이 필요하기 때문에 동작 시간이 긴 점과 메모리가 많이 소모되는 단점을 가지고 있음.



<그림 2-51> R-CNN 구조의 객체 검출 개요도

○ R-CNN의 문제점을 해결하기 위하여 객체 후보 영역에 대하여 개별적으로 CNN을 적용하는 대신, selective search 알고리즘을 이용하여 얻은 객체 후보 영역을 CNN의 마지막 컨볼루션 특징 맵에 사영시키고 각 영역에 대하여 서로 다른 스케일을 가지는 3종의 max pooling 커널을 적용시키는 SPPNet이 제안되었음. SPPNet은 CNN에서 가장 많은 시간이 소모되는 컨볼루션 반복 연산을 한번만 수행하기 때문에 R-CBB과 비교하여 100배 이상 빠른 검출 속도를 보임

○ Fast R-CNN은 SPPnet과 거의 유사한 형태이나 마지막 컨볼루션 특징 맵에서의 객체 후보 영역 검출 시 여러 스케일의 pooling을 수행하는 SPP (spatial pyramid pooling) 레이어가 있는 SPPNet와는 달리 ROI (region of interest) pooling 레이어를 적용함. SPPNet은 CNN의 컨볼루션 레이어들의 미세 조정이 불가능하기 때문에 ImageNet등의 대규모 영상 데이터베이스를 기반으로 선행 학습된 모델을 기반으로 네트워크를 구축하여야 하지만 Fast R-CNN은 이 문제를 해결함으로써 SPPNet보다 학습 속도, 테스트 속도를 높였으며 인식률 또한 개선되는 효과를 보임

○ Fast R-CNN은 기존 방법에 비해 검출 속도와 정확도를 높였지만 실시간 동작은 힘들기 때문에 Faster R-CNN은 기존의 딥러닝 기반의 객체 검출 방법들이 selective search 알고리즘 등을 이용하여 객체 후보 영역을 검출하는 부분을 RPN (region proposal network)를 제안하여 이 부분을 하나의 네트워크로 통합시킴. 입력 영상을 CNN에 적용하여 마지막 컨볼루션 특징 맵을 다시 RPN의 입력으로 적용하여 입력 영상 내 객체 후보 영역의 경계 상자를 추정함

○ 기존의 딥러닝 기반의 객체 검출 및 인식기술은 물체의 위치 영역을 추정하는 프로세스와 클래스를 추정하는 프로세스로 나누어져 있음. 영상 내 객체 후보 영역을 먼저 추정한 후 이를 기반으로 클래스 분류 및 객체 경계 상자를 찾기 때문에 후보 영역의 개수가 많아지면 처리속도가 늦어지는 문제점을 가지고 있음. YOLO는 후보군 검출과 클래스 분류를 단일 네트워크에서 동시에 수행되도록 설계되어 있음. YOLO 네트워크의 최종 출력단은 영상 내 객체 클래스 및 경계 상자의 가능성이 있는 모든 후보를 표현하는 특징 tensor로써 이 tensor는 입력 영상을 일정 크기의 그리드로 분할하고 각 그리드에서 생성된 경계 상자가 목적 객체의 경계 상자가 될

스코어와 해당 객체의 클래스에 대한 사후 확률을 표현함. 이를 기반으로 가장 유력한 객체 클래스 및 객체 경계 상자를 구하는 후처리로 NMS (Non-Maximum Suppression) 알고리즘이 적용하고 그 결과 Faster R-CNN에 비해 정확도가 조금 낮지만 평균 45fps의 속도로 객체를 검출하는 네트워크를 구성할 수 있음

○ YOLO는 영상을 그리드로 분할하여 각 셀을 중심으로 하는 객체의 경계 상자 후보를 고정된 숫자만큼 예측하고 이를 기반으로 실제 경계 상자에 대한 검출 및 인식을 수행하기 때문에 객체가 겹쳐 있거나 작은 객체에 대한 검출 성능이 다소 떨어짐. 이를 보완하기 위하여 SSD는 VGG-16 네트워크를 기반으로 하여 각 컨볼루션 레이어마다 YOLO의 최종 출력 텐서에 해당하는 특징 맵을 생성함. 이를 통해 예측하는 경계 상자 후보가 YOLO보다 훨씬 많고 다양한 스케일의 객체 후보 경계 상자를 추정 가능해지므로 인식 정확도가 개선되고 단일 네트워크 구조를 사용하기 때문에 검출속도는 YOLO와 거의 비슷함

② 스마트 물류 분야 보안 기술 국내외 개발 현황

○ 현재까지 많은 기업에서는 다양한 정보시스템을 개발하고 관련 기능 향상을 위한 많은 노력을 수행하고 있으나, 개발된 정보시스템에서 사용되는 중요 정보를 대내외적으로 보호하기 위한 필요성 인식 및 노력은 부족한 상황임

○ 이에 따라 보유 중요 정보의 불법적인 외부 유출 및 기업 운영에 심각한 영향을 미치게 되었으며, 해킹 등을 통한 기업 정보의 누출사고 등으로 인해 국내에서도 기업의 중요 정보를 보호하기 위한 노력의 일환으로 정보보호관리체계 (ISMS : Information Security Management System)를 도입하여 적용하고 있음

○ 정보보호관리체계는 금융권 및 인터넷 운영 기업체 등의 일부 IT 기반 산업에 국한되어 적용되고 있으며, 절차 효율성 미비 등의 이유로 기업적용 실태에 미비한 실정임. 지속적으로 다양한 산업으로의 확대가 필요하며 최근에는 스마트 물류, 항만 분야에 대한 적용의 필요성이 제기되고 있음

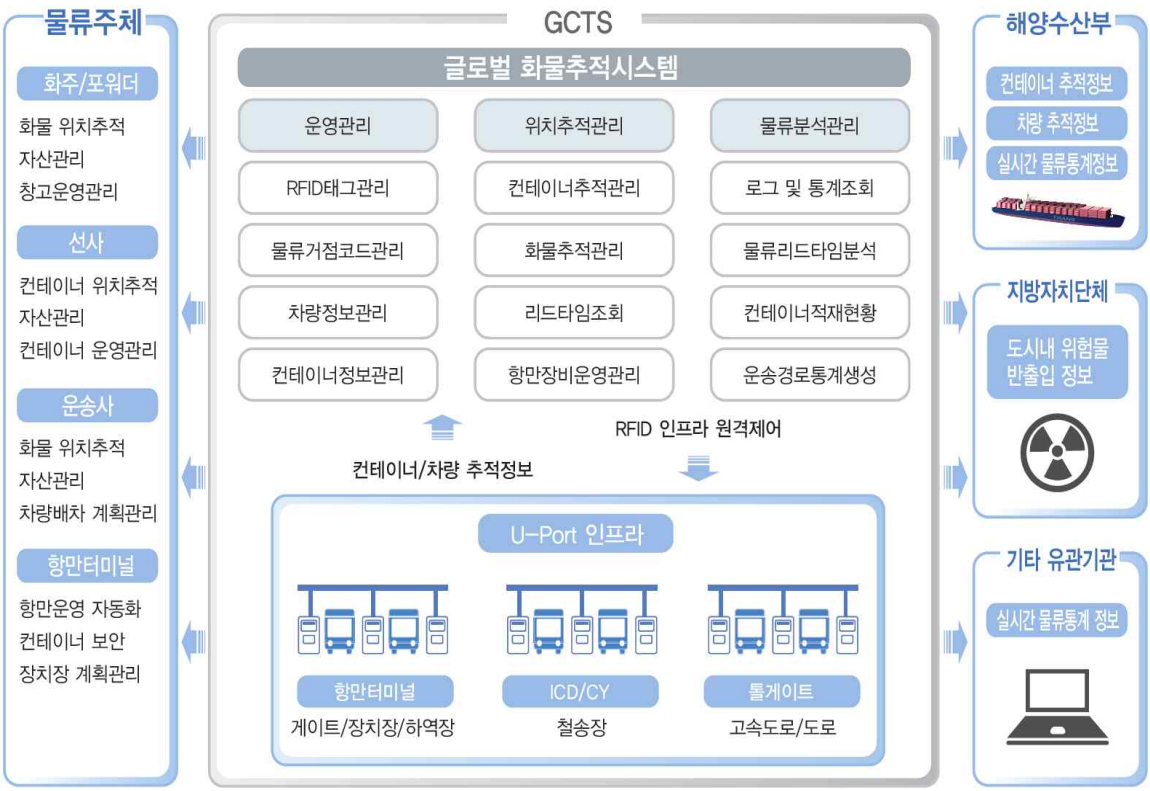
※ "ISMS 안 받겠다" 보안은 뒷전, 과태료 선택한 곳만 30여개. ***디지털데일리. 2017.4.23.***



<그림 2-52> 정보보호관리체계 (ISMS) 인증과정

○ 항만물류분야에서 보안강화를 위한 노력으로 ①컨테이너 및 화물 스캔 운영시스템 도입, ②보안시설에 대한 외부인 출입관리시스템 구축, ③무선인식기술 기반 실시간 모니터링시스템 도입 및 운영, ④불법침입 탐지 시스템 등의 물리적 보안시스템이 적용되어 운영되고 있음.

○ RFID를 활용한 컨테이너 보안 관련한 연구는 상당한 진행상황을 보이고 있음. 정부는 RFID 기술을 내륙 물류기지 등 전국의 주요 물류거점에 적용하여 운영상의 효율성을 꾀하고자 RFID 기반 물류거점 정보시스템을 구축하였음



<그림 2-53> RFID기반 물류거점 정보통합 시스템 (컨테이너 보안의 대표 사례)

○ 그럼에도 불구하고 현재 컨테이너터미널(CT: Container Terminal)은 물리적 보안 위주로 구축되어 운영되고 있고, 소프트웨어 측면에서의 정보보호를 위한 정보보호관리체계 구축 등의 노력은 상대적으로 미비한 수준임

○ 항만·물류분야에 필요한 ICT 주요 핵심 기술은 ①로보틱스와 자동화 ②자율주행차 ③IoT와 빅데이터 ④시뮬레이션과 VR ⑤사이버보안 등으로 제시되었으나 대부분의 기술이 상용화되지 못한 실정으로 기술개발 이후 논의되는 보안 분야의 특성상 현재 그 필요성에 관한 논의에 비해 연구개발 진척이 더딘 것으로 판단됨

나. 국내외 관련 업체 동향

○ 항만자동화시스템(Port automation system), ㈜비피앤솔루션 - 컨테이너 터미널에 RFID를 도입하여, 출입하는 차량정보를 관리하고, 출입차량에 대한 작업지시가 자동으로 이루어지며, 나아가서 컨테이너 크레인과 연동하여 작업차량 도착 전 작업준비를 완료하여 /하차 업무를 신속히 처리함으로 항만 내 작업효율을 증대시키는 시스템으로 부산신항에 도입되어 있음



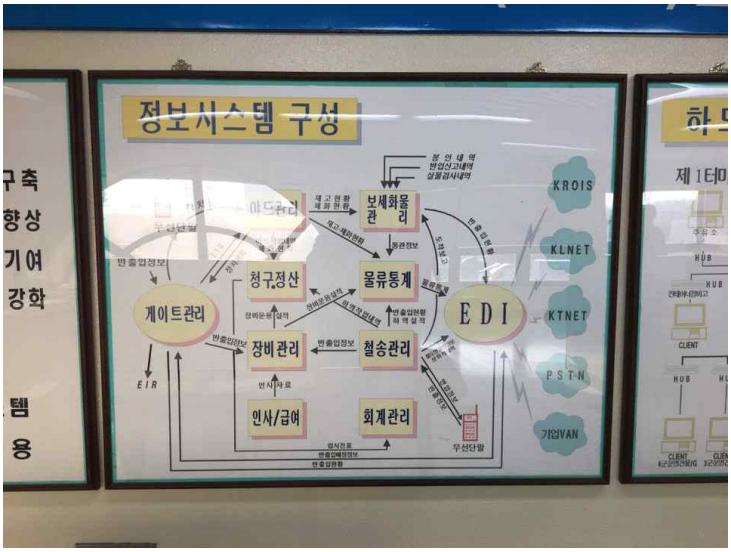
<그림 2-54> 항만자동화시스템 개념도

○ 산업 자동화(3D STEEL Monitoring System) 모니터링 시스템 - 다양한 주변기기(센서, 컨트롤러, PC 등)를 연동하여, 산업현장에서 사용자의 편의성을 강화하고, 나아가 현업 업무의 자동화를 실현하며 실시간 데이터베이스 연동을 통해 현재 작업 현황을 한눈에 확인 할 수 있는 정보화 시스템으로 부산신항에 적용되어 있음



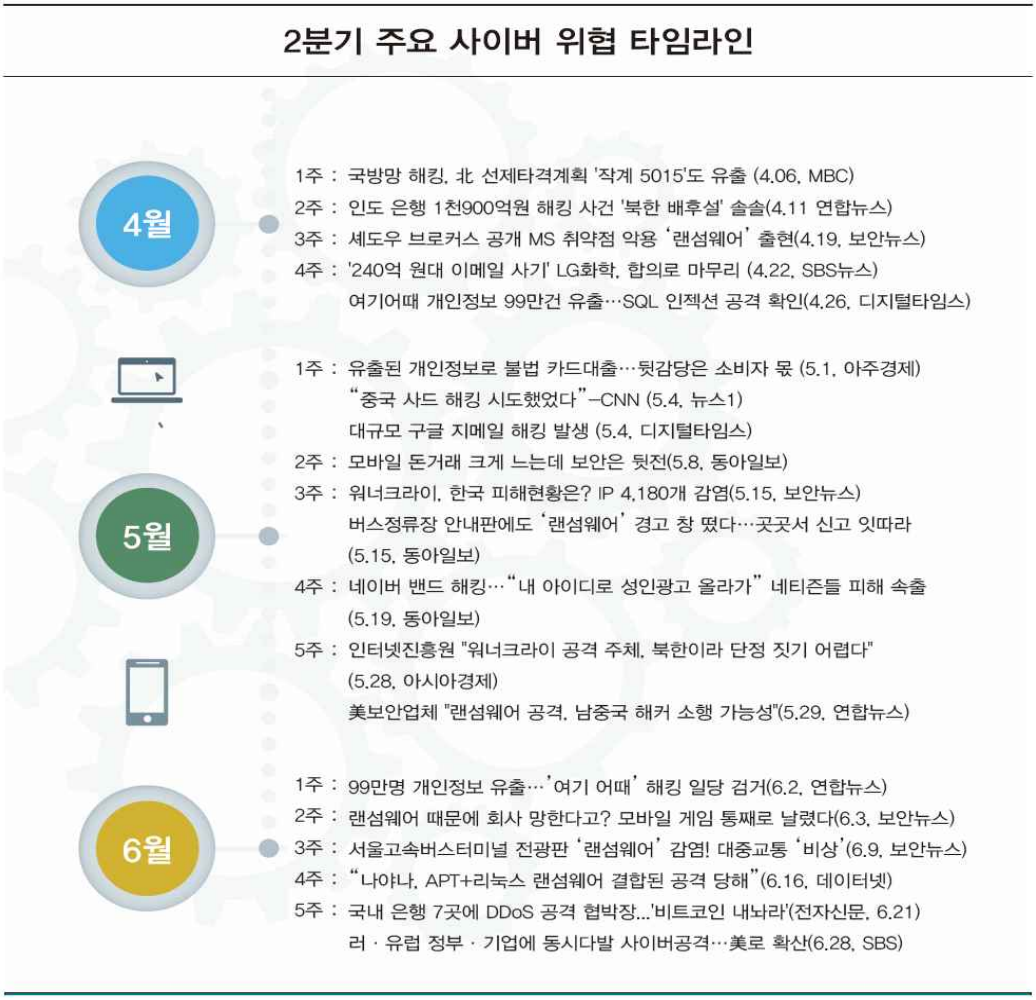
<그림 2-55> 산업 자동화(3D STEEL Monitoring System) 모니터링 시스템

○ 의왕ICD에서는 UISIS를 도입하여 첨단정보기술을 이용한 물류정보기지를 구축하고자 하였음. UISIS의 특징으로는 개방성, EDI도입, 무선 및 광통신 기술을 도입하여 정보기술을 진행하고자 하였으나 실제로 잘 운용되지는 못하고 있는 실정임



<그림 2-56> 의왕ICD 정보시스템(UISIS) 구성도

다. 국내외 사이버 위협·침해 사례



<그림 2-57> 2017년 2분기 주요 사이버위협 타임라인

○ 해커들의 사이버 공격이 성공하여 정상적으로 운영되던 인터넷서비스가 종료되거나 회사가 파산 위기에 처하는 사례가 발생하였음. 이는 보안을 고려하지 않을 경우 실제 비즈니스가 성공하기 어렵게 되었다는 의미이며 랜섬웨어, APT공격, IoT 악성코드 및 제로데이 취약점을 이용한 해커의 공격 등 다수의 사이버 위협들이 실제 사고로 이어지며, 그 심각성이 증대되고 있음

*※ 2017년 2분기 사이버 위협 동향 보고서. 한국인터넷진흥원. **2017.***

○ 국내에서 인터넷나야나 호스팅 업체의 랜섬웨어 감염사고임. 해당 사고는 다양한 사이버 위협이 복합적으로 적용되어 발생하였으며 에레버스(Erebus) 랜섬웨어에 의한 침해사고임. 인터넷나야나 측은 해커와의 협상을 통해 문제를 수습하였고 이에 대해 의견이 분분하나 가장 중요한 점은 추후 호스팅 업체를 비롯한 국내 기업들이 보안에 더욱 힘을 써야 한다는 것임

*※ 인터넷 나야나, 랜섬웨어 공격에 13억원 지불하고도 일부 서버 복구 실패. **경향비즈 2017. 6. 30***

○ 2017년 5월 전 세계적으로 워너크라이 랜섬웨어에 감염되는 사태가 발생하였음. 해당 랜섬웨어에 감염되면 파일들이 암호화된 후, 몸값으로 $300를 비트코인으로 요구하였음



[그림 1-8] 독일 철도 모니터의 랜섬웨어 감염 화면

<그림 2-58> 독일 철도정보시스템 워너크라임 감염 사태



<그림 2-59> 러시아 내무부 워너크라이 감염 사태

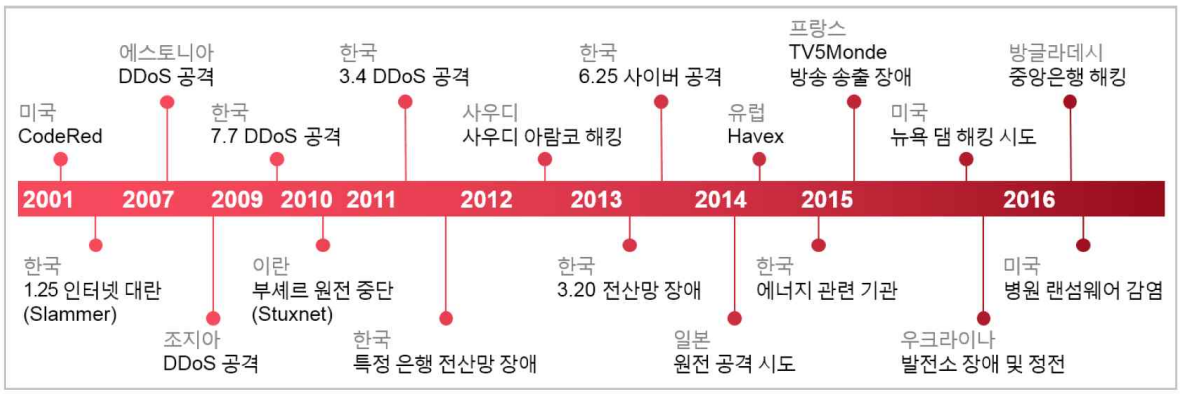
○ 일본에서는 JPCERT/CC에서는 JR 히가시니혼, 히타치, 이온, 카와사키 상하수도국, 오사카시청, 이와테현청 등 600곳의 컴퓨터 2K대가 감염되었고, 민간에서는 거대 철도회사인 JR 히가시니혼의 전국 주요 역으로 감염이 확대되어 열차 예약 시스템이 중단

○ 악성코드 중 가장 많이 확인된 유형은 다음 표와 같이 랜섬웨어, 정보탈취, 원격제어, 애드웨어 순으로 나타남. 랜섬웨어의 증가는 워너크라이 사태와 사고와 연관지을 수 있는데, 이때 발견된 랜섬웨어의 변종이 나타남에 따라 랜섬웨어 비율이 증가. APT와 같은 표적공격에 필요한 사전정보 수집에 사용할 정보탈취형 악성코드의 증가

○ 가상화폐 이슈 논란 등 정보시스템에서는 항상 위협이 내재해 있음. 대규모 랜섬웨어, 정보탈취형 악성코드 등이 유행하고 있음. DDoS 공격, 개인정보 유출, 시스템파괴 협박 등 다양한 미끼를 수단으로 금전(가상화폐)요구 사례의 증가 원인이 될 것으로 생각됨

○ 2012년 이후 악성코드를 이용한 각국의 사회기반시설에 대한 사이버 공격이 본격화됨. 사우디 국영 에너지 기업인 사우디 아람코(Saudi Aramco)사가 공격받았으며,

2013년 한국에서 사이버 공격으로 방송 및 금융 기관의 시스템 하드디스크가 파괴되었고 2014년소니 픽처스 엔터테인먼트, 2015년에는 프랑스 방송국 TV5Monde도 공격받았음. 더 큰문제는 이들 공격 모두 공격 주체가 명확하게 밝혀지지 않았으며, 단순 정보 탈취가 아닌 악성코드를 이용해 시스템 장애 또는 파괴를 야기한 대표적인 사이버 공격이라는 점임



<그림 2-60> 사회기반 시스템 공격 주요사례

○ 얼마 전까지만 해도 도로, 철도, 공항, 항만 등 교통·물류 시설은 사이버 공격과 상관없는 분야로 여겨졌음. 그 내면에는 대부분의 해당 시스템은 폐쇄 시스템으로 망분리를 구현하고 있어 사실상 외부의 접근이 쉽지 않기 때문임. 그러나 최근 대부분의 기반시설은 중앙 제어 시스템을 통해 관리되며 네트워크로 연결되어 있음. 따라서 제어 및 관리가 쉬워진 반면, 외부 위협의 접근 경로도 확대됨

○ 철도 시스템에서도 악성코드 감염 사례가 보고되고 있으며, 특히 열차 집중제어 시스템(CTC, Centralized Traffic Control) 의 악성코드 감염에 대한 우려가 높음. 이와 관련해 지난 2015년 12월 독일에서 개최된 보안 컨퍼런스 3C에서 열차 제어 시스템 공격 및 제어 방법에 관한 내용이 소개됨

※ 러시아 해커, 열차 통제 시스템 공격 및 제어 방법 공개해. ***데일리시큐, 2016. 1. 5.***

○ 산업 통제 시스템(ICS)에 대한 사이버 공격은 물리적인 피해를 입힐 수 있고, 사회 질서를 무너트릴 수 있다는 점에서 끊임없는 주의 및 경고 대상이었으나 공격을 성공시키는 게 쉬운 일만은 아니라는 점에서 안일하게 대응할 수 없음

※ 산업 통제 시스템에 대한 해킹 공격, 실제로 발생한다. 보안뉴스. ***2017. 12. 15.***



<그림 2-61> 스턱스넷을 통한 사회기반 시스템 공격 원리

제 3 장 논문 및 특허 동향 분석

제 1 절 분석 개요

1. 분석배경 및 목적

○ 본 기술동향조사는 다양한 산업적·경제적 가치를 지닌 내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너 이송시스템과 관련한 기술의 특허수준 및 원천성을 분석하고, 특허기술 및 논문동향 현황 등을 파악함

○ 또한, 사업 수행의 타당성에 대한 객관적인 특허정보, 논문동향 정보를 조사하여 중요특허를 도출하고, 그 아이디어 및 컨셉을 분석함으로써, 연구개발을 위한 기초자료를 제공하고, 관련기술의 핵심적인 IP를 선점하여, 향후 시장 개척 시 주요 경쟁사와의 경쟁우위를 점하고 시장을 선도할 수 있는 기반을 마련하고자 함

2. 분석 범위 및 기준

○ 특허 분석에서는 1979년 01월 ~ 2017년 11월까지 출원 공개된 한국, 일본, 유럽, 미국 공개(등록)특허를 분석 대상으로 하여 정량 분석, 주요특허의 평가 및 분석을 실시하였음

○ 논문 분석에서는 1997.01.~ 2017.11.을 기준으로 발행(공개)된 논문을 대상으로 정량분석, 주요 문헌의 분석을 실시하였음

가. 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위

○ 검색에는 한국특허정보원 특허정보진흥센터의 특허검색시스템(KIWEE)을 기본검색도구로 하여, 국가별로 KIPRIS, 일본특허청(IPDL), 미국특허청(USPTO), 유럽특허청(Espacenet)을 활용하였음

<표 3-1> 특허검색 DB 및 검색범위

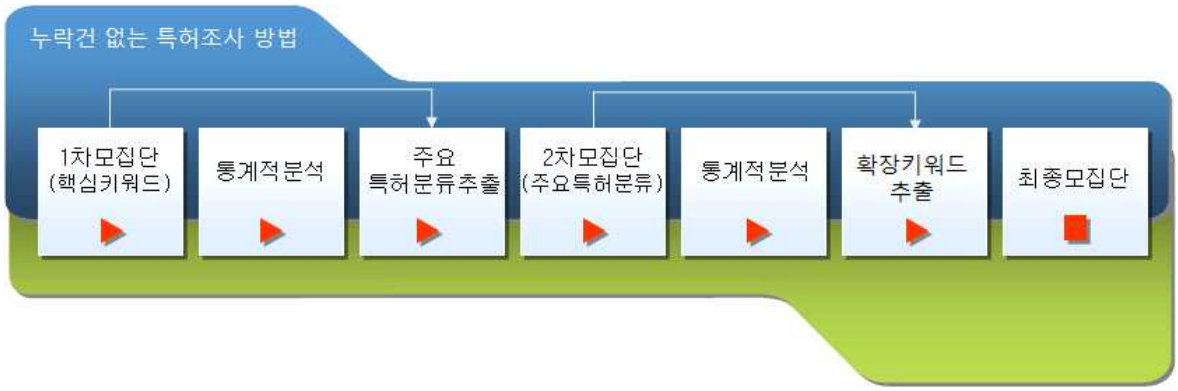
자료구분	국가	검색 DB	분석 구간	검색 범위
공개/ 등록특허	한국	KIWEE, KIPRIS	1979. 01 ~ 2017. 11	특허공개 및 등록 전체문서
	일본	KIWEE, IPDL		특허공개 및 등록 전체문서
	미국	KIWEE, USPTO		특허공개, 특허공개(공표), 특허공개(재공표) 전체문서
	유럽	KIWEE, Espacenet		EP-A(Application) 및 EP-B(Granted) 전체문서

<표 3-2> 논문검색 DB 및 검색범위

자료구분	국가	검색 DB	분석 구간	검색 범위
공개논문 (공개 발행일 기준)	해외	Web of Science	1997.01. ~ 2017.11.	Article, Proceedings paper, Review, Letter 등

나. 분석 기준

① 분석절차



<그림 3-1> 조사분석 절차

② 분석기준

○ 내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너 이송시스템의 기술적 특징을 포함하도록 기술분류 체계를 확정하고 분석대상 특허를 분류하여 조사/분석함

<표 3-3> 분석대상 기술

대분류	중분류	세부기술범위
내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너 이송시스템 기술개발	물류 운영 최적화 기술	• 운영 및 관리 최적화 기술 • 통제 기술 • 진단 및 모니터링 기술
	LM 기반 컨테이너 이송시스템 기술	• 이송시스템 추진용 LM 설계 기술 • 이송시스템 추진용 LM 제어 기술 • 이송시스템 차상에너지 급전 기술 • LM 성능평가 기술
	네트워크 기반 통합 제어 시스템 기술	• 이송차량 제어 기술 • 이송차량과 통합 관제 시스템과의 통신 기술 • 센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술 • 이송차량 간 상호 충돌방지 시스템

<표 3-4> 기술분류

대분류 (영문)	중분류 (영문)	소분류 (영문)	키워드 (영문)
A. 물류 운영 최적화 기술 (Development of Logistics operational optimization technology)	AA. 운영 및 관리 최적화 기술 (Operation and management optimization)	AAA. 관제센터 시범운영 및 보안기술 개발 (Operation of control center and development of security technology)	• Control Center • Required Function • Safety Services • Container transport system • Interface
		AAB. 최적운영 시뮬레이션 기술 (Optimal operation simulation technology)	• Control Center • Container transport system • Optimal path • Dynamic Assignment • Switch Control • Order Control
		AAC. IoT+BigData 기술통한 운영 시스템 (Integrated operating system of IoT+ BigData Technology)	• Control Center • Container transport system • Infrastructure DB Design • Use Big Data
	AB. 물류이송 통합관제 기술 (Logistics transportation control technology)	ABA. 주행정보기반 제어모듈 설계 (Driving information based control module design)	• Control Center • Container transport system • Control module
		ABB. 정밀 제어 및 원격 조정 기술 (Precision control and	• Control Center • Container transport system

		remote control technology)	• Control module • Precision control • Remote control
	AC. 물류이송 진단 및 모니터링 기술 (Diagnostic and monitoring technology)	ACA.이송장치 주요 동부 이상 시 경고 기술 개발 (Development of warning technology in case of abnormal operation of main driving unit)	• Control Center • Container transport system • Real time monitoring • Data collection and analysis • Warning system
		ACB.유지보수 전문가 시스템 (Maintenance Expert System)	• Control Center • Container transport system • Reliability • Maintenance system • Reliability based Maintenance • Condition based Maintenance • Decision-making system • Expert system
B. LM 기반 컨테이너 이송시스템 기술 개발 (Development of LM-based container transport system technology)	BA.이송시스템 추진용 LM 설계 기술 (LM design technology for container transport system)	BAA.차상 이동자 설계 기술 (Onboard mover design technology)	• Linear motor • Mover • High power density • High efficiency • Low cost • Thrust ripple • electro-magnet • permanent magnet • Thermal cooling
		BAB.궤도상 전기자 설계 기술 (Ground armature design technology)	• Linear motor • High power density • High efficiency • Low cost • Thrust ripple • Track coil • Forming • Voltage drop compensation • Coreless • Thermal cooling
		BAC.섹션전환 및 궤도 인터페이스 기술 (Section change and interface technology with track)	• Linear motor • Section change system • H/I beam • Track interface • Application of LM in branch section

	BB. 이송시스템 추진용 LM 제어 기술 (LM control technology for container transport system)	BBA.최적 제어 알고리즘 기술 (Optimal control algorithm technology)	• Linear motor • Block switching • Optimal control algorithm • Reliability
		BBB.정밀 위치 및 속도 검지 기술 (Precise position and speed detection technology)	• Linear motor • Precise position detection • Precise speed detection • Sensor • Reliability • Noise shielding • Data processing
		BBC.제어기 H/W 설계 기술 (Controller H / W design technology)	• Controller • Converter • Inverter • Multi-level • High-voltage/large current • Circuit design • Emergency control • Thermal cooling
		BBD.섹션전환 제어 기술 (Section change control technology)	• Linear motor • Switch gear • Section change system • Section change algorithm • High-speed • Vehicle position detection
	BC.이송시스템 차상에너지 급전 기술 (Energy supply technology to the onboard of container transfer system)	BCA.비접촉 급/집전시스템 설계 기술 (Contactless power supply/collector system design technology)	• Linear motor • Noncontact • Wireless power transfer • Power feeding device • Onboard power collector • Resonant type • high-efficiency • High-frequency • Magnetic field shielding • Thermal cooling
		BCB.차상 전원용 배터리 연계 전력변환장치 기술	• Linear motor • Onboard power

		(Battery-based power conversion device technology for onboard power supply)	source • Battery • (DC-DC converter • high-efficiency • Reliability • Thermal cooling
	BD. LM 성능평가 기술 (LM performance evaluation technology)	BDA.통합 성능평가 기술 (Integrated performance evaluation technology)	• Linear motor • Integrated performance evaluation • Test-bed • Reliability • Measuring instrument • Accuracy
		BDB.성능검증용 시험기 기술 (Tester technology for performance verification)	• Linear motor • Tester • Reliability • Efficiency • Power factor • Thrust • Measuring instrument • Accuracy
C. 네트워크 기반 지능형 인프라 통합 제어시스템 기술 개발 (Development of network-based intelligent infrastructure integrated control system technology)	CA. 이송차량 제어기술 (CTV control technology)	CAA.정보 수집 기술 (Information collecting technology)	• CTV Control • CTV Information Collection • Container Transhipment Algorithm • CTV Dispatching Algorithm • CTV Driverless Driving Control SW • Algorithm Simulator based on GUI
		CAB.중앙제어식 최적 CTV 제어 기술 (Centralized CTV control technology)	
	CB. 이송차량과 통합관제 시스템과의 통신 기술 (Wireless communication between CTV and integrated control system)	CBA.통신 프로토콜 설계 (Wireless protocol design)	• CTV Control Protocol • CTV Regulation Protocol • Ad-hoc Networks • Seamless Communications • Mobile Communications • Single(Multi)-Chann
		CBB.무선 통신 보안 기술 (wireless security)	

			el Communications • Collision Avoidance • Secure Mobile Communications
	CC. 센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술 (Container transportation system localization based on sensor fusion)	CCA. RGB-D 센서를 이용한 사물 인지 기술 (Object recognition using RGB-D sensor)	• detection • tracking • classification • sensor fusion • localization
		CCB.레이저 스캐너 센서를 이용한 사물 인지 기술 (Object recognition using laser scanner sensor)	
		CCC.센서 퓨전 기반의 위치 인식 기술 (Object localization based on sensor fusion)	
	CD. 이송차량 간 상호 충돌방지 시스템 (Anti-collision system between container transportaion systems)	CDA. 기계학습 기법을 이용한 상호 위치 및 위험도 추정 기술 (Object location and collision risk estimation based on machine learning algorithm)	• object recognition • machine learing • deep learning • collision risk estimation
		CDB. 이송차량 제어 기술 (Control technology for container transportaion system)	

다. 검색식 도출

① 핵심키워드 도출

○ 내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너 이송시스템 자료를 중심으로 기초조사를 통해 핵심 키워드를 추출하고 검색식을 작성함

○ 중분류 별로 검색식을 작성하되, 물류 운영 최적화 기술과 네트워크 기반 통합 제어 시스템 기술은 동일 검색식을 적용하여 검색하고 세부기술범위에 따라 기술분류함

② 검색식

<표 3-5> 특허 및 논문 검색을 위한 검색식

한글	영문
■(물류* or 운송* or 화물* or 유통* or 운반* or 컨테이너* or 콘테이너* or 적재* or 선적* or 수하물* or 하역*) and (자동* or 오토* or 무인* or 원격* or 통신* or 네트워크* or 프로토콜 or 지능* or 스마트* or it* or ict* or iot* or ai* or 에이아이* or 딥러닝* or 학습* or 통합제어* or 알고리즘* or 관제*)	■(container* or cargo* or freight* or load* or shipment*) and (auto* or unman* or remote* or wireless* or network* or communicat* or protocol* or smart* or intelligen* or internet* or ai* or artificial* or learn* or algorithm* or logic* or program*)
■(물류* or 운송* or 화물* or 유통* or 운반* or 컨테이너* or 콘테이너* or 적재* or 선적* or 수하물* or 하역*) and (리니* or 선형* or 엘엠* or linear* or 자기부상* or “자기 부상”)	■(container* or cargo* or freight* or load* or shipment*) and (linear* or lm* or magnet n/2 (float* or buoy* or levitat*))

3. 분석 지표

○ 분석지표는 기술혁신활동의 집중도와 같은 양적인 측면을 비롯하여, 기술적 중요성, 영향력 및 기술개발속도 등을 평가하기 위하여 미국등록특허의 인용정보를 활용함으로써 특허의 질적인 측면에 대한 분석을 가능하게 함

○ 단, 본 과제에서는 분석지표를 활용하기 위한 미국특허의 출원량이 미미하여 분석의 의미도출이 불가한 상황이므로 양적측면의 특허활동지수(AI) 분석만 진행하였음

<표 3-6> 특허분석지표

구분	지표	의미	정의	
양적측면	특허건수	특허활동	-	
	특허활동지수 (Active Index)	상대적 특허활동	A.I =	$\frac{\frac{\text{특정기술분야의특정특허권자건수}}{\text{특정기술분야전체출원건}}}{\frac{\text{특정특허권자의총건수}}{\text{전체총건수}}}$
질적측면	피인용지수 (Cites Per Patent)	피인용비 ∝ 영향력	피인용비 =	$\frac{\text{피인용수}}{\text{특허건수}}$
	영향력지수 (Patent Impact Index)	상대적 영향력	PII =	$\frac{\text{해당특허권자의피인용비}}{\text{전체피인용비}}$
	기술력지수 (Technology strength)	기술력	TS =	특허건수×영향력지수
	패밀리규모 (Family Size)	Family Size ∝ Market size	FS =	$\frac{\text{해당특허권자의 Family가 형성된 국가수}}{\text{해당기업의 특허건수}}$

○ 특허활동지수(Activity Index)

- 상대적 집중도를 살펴보기 위한 지표로서, 그 값이 1보다 큰 경우에는 상대적 특허활동이 활발함을 나타내며 구하는 방법은 아래와 같음

$$A.I. = \frac{\frac{\text{특정기술 분야의 특정특허권자 건수}}{\text{특정기술분야 전체건수}}}{\frac{\text{특정 특허권자 총건수}}{\text{전체 총건수}}}$$

○ 피인용 비 (CPP, Cites Per Patent)

- 특정 특허권자의 특허들이 이후 등록되는 특허들에 의해 인용되는 회수의 평균값으로, 이 값이 클수록 주요특허 또는 원천특허를 많이 가지고 있다는 것을 의미하며 많이 인용되는 특허를 가진 특허권자는 경쟁에서 유리한 위치를 점할 수 있음

○ 영향력지수(Patent Impact Index)

- 특정 시점을 기준으로 삼아 과거의 기술적 활동을 반영하는 지표로서, 특정 특허권자가 소유한 기술의 질적 수준을 측정하는 지수임
- PII가 1이면 평균 인용 빈도임을 나타내고, 2이면 평균보다 2배 많은 빈도로 인용됨을 나타냄

PII = 특정기술 분야의 특정특허권자의 피인용비/전체 피인용비

○ 기술력지수(Technology Strength)

- 기술력지수가 클수록 해당 특허권자의 기술력이 높음을 의미함

TS = 특허건수 × 영향력지수

○ 시장확보지수(Patent Family Size)

- 한 발명에 대해 각 국가마다 출원된 특허를 Family patent라 지칭함
- 해당국가에서 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 때에만 해외에 특허를 출원하므로 Family Patent 수가 많을 때에는 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 이를 시장확보력의 지표로 사용함

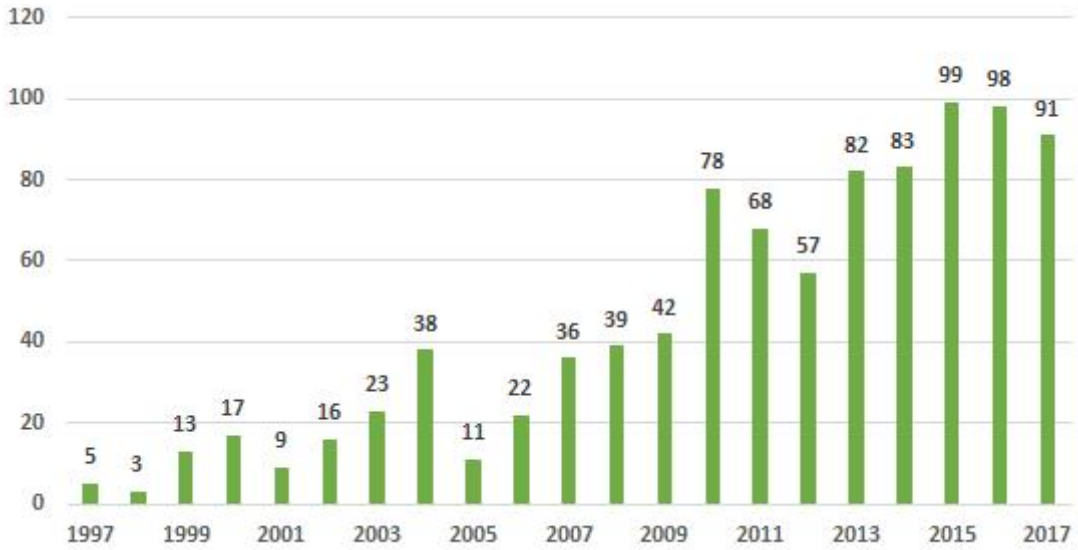
$$PFS = \frac{\text{해당특허권자 평균 } Patent\ Family \text{ 수}}{\text{전체 평균 } Patent\ Family \text{ 수}}$$

제 2 절 논문 분석

1. 논문 동향 분석

가. 연도별 동향

○ 1997년대부터 발행된 내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너 이송시스템 기술과 관련한 논문을 검색한 결과, 총 930건이 검색되었음

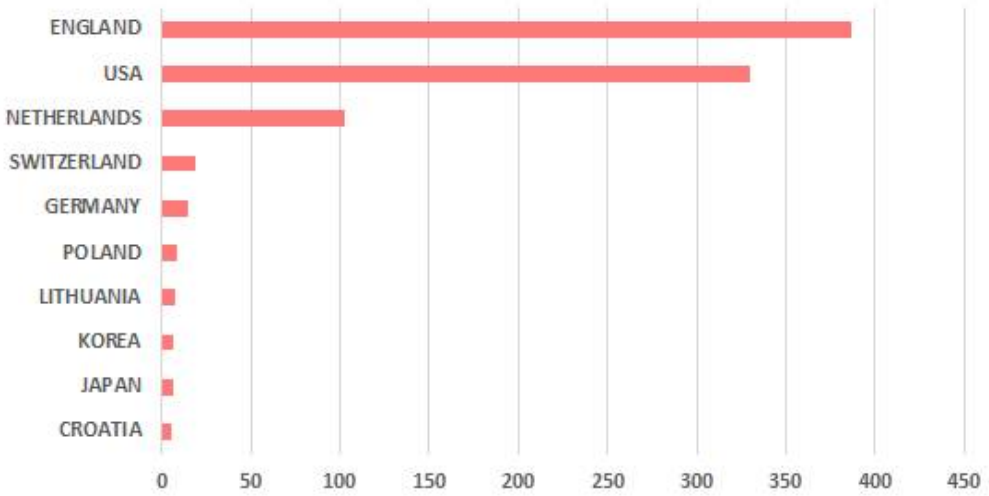


<그림 3-2> 논문의 연도별 연구 동향

○ 본 과제기술과 관련한 논문의 발행연도별 동향을 살펴보면, 최근까지 꾸준히 증가하는 추세가 나타나고, 특히 2010년 이후부터 논문발행수가 급격하게 증가하여 2013년 이후에는 80건 이상의 관련논문이 발행되고 있음

나. 국가별 동향

○ 본 과제기술과 관련한 논문 발행기관들의 국가별 동향을 살펴보면, 영국, 미국, 네덜란드 순으로 조사되었고, 상위 3개국과 그 이하의 논문 발표수는 매우 큰 차이를 보이고 있음

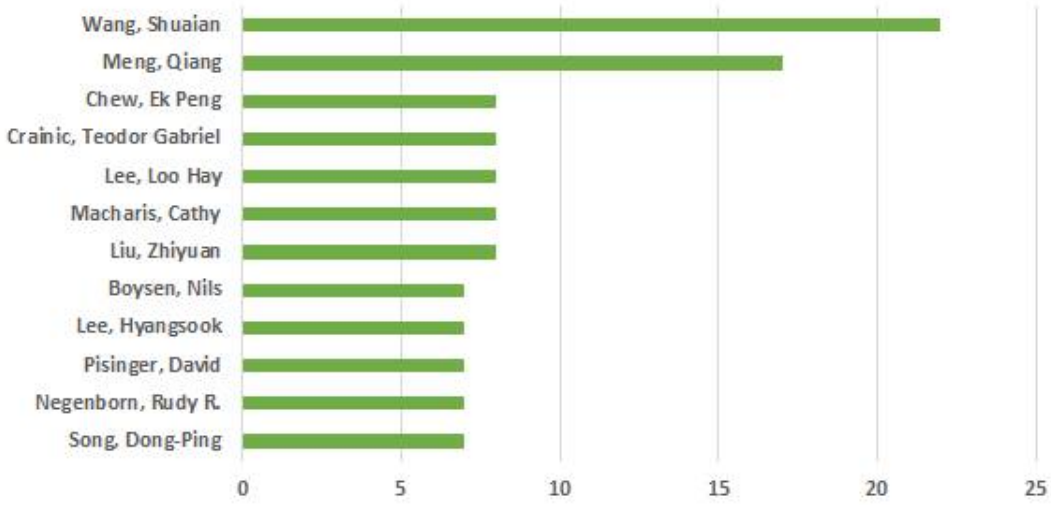


<그림 3-3> 논문의 발행기관 국가별 연구 동향

2. 연구저자/저널 분석

가. 연구저자

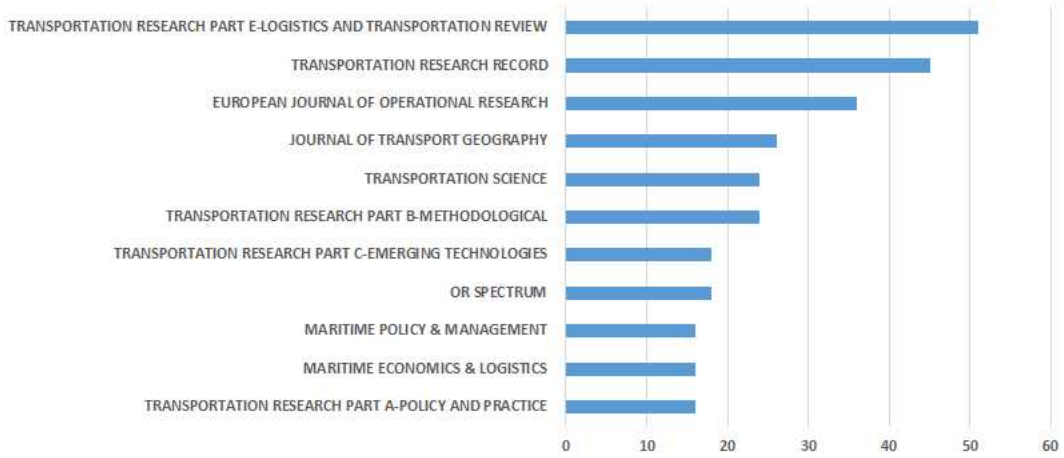
○ 본 과제기술과 관련한 논문의 저자별 동향을 살펴보면, 상위 저자는 홍콩과 싱가폴 저자로 조사되었으며, 상위 10위에는 한국인 저자로 1명이 나타나고 있음



<그림 3-4> 논문의 저자별 연구 동향

나. 발행 저널

○ 본 과제기술과 관련한 논문의 저널별 동향을 살펴보면, 운송관련 저널로, TRANSPORTATION RESEARCH PART E-LOGISTICS AND TRANSPORTATION REVIEW, TRANSPORTATION RESEARCH RECORD, EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH 순으로 많은 논문이 발행되고 있는 것으로 나타남



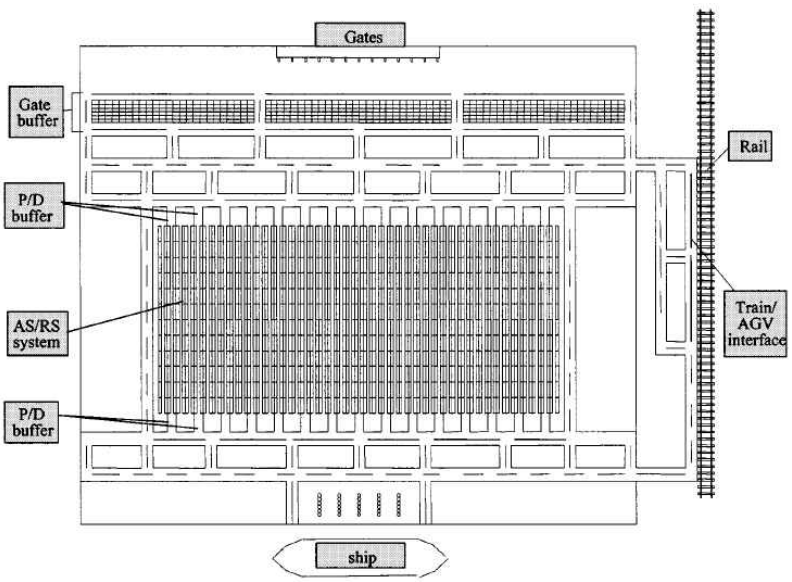
<그림 3-5> 논문의 저널별 발행 동향

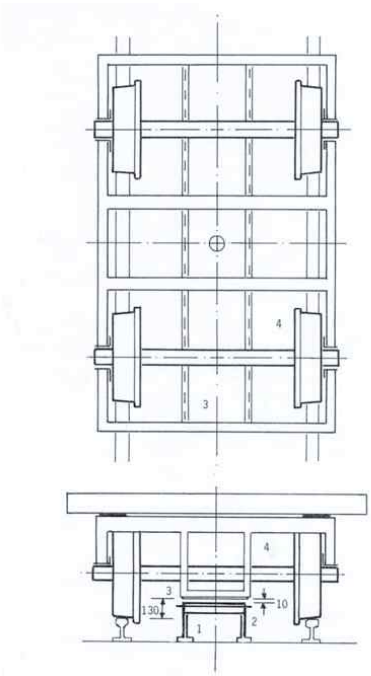
3. 주요 논문 분석

○ 검색된 친환경 컨테이너 이송시스템 기술과 관련한 논문 중 제안하는 기술의 세부 기술범위와 관련하여 연구에 참고해야 할 유사도가 높은 핵심논문을 선별 및 분석

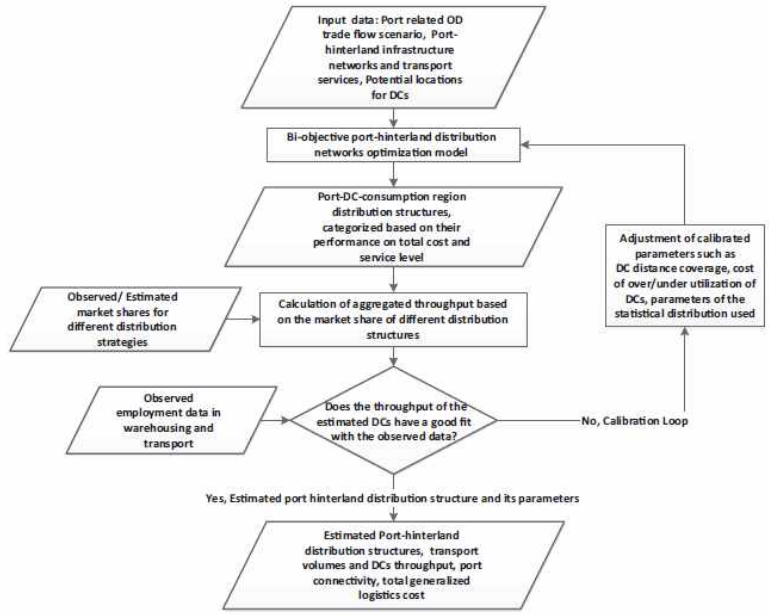
<표 3-7> 본 과제와 관련한 주요 논문 리스트

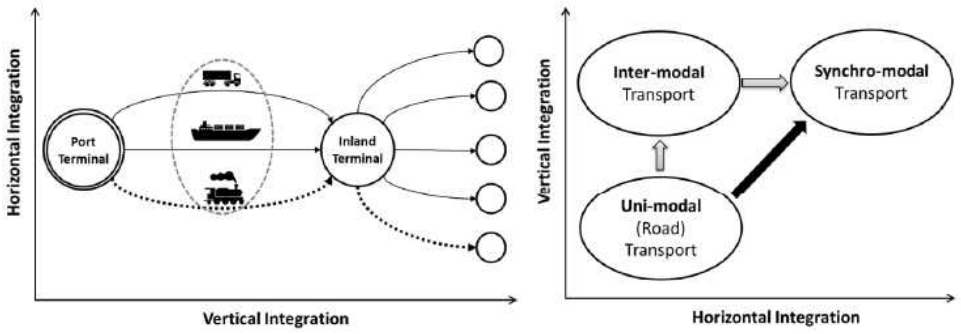
순번	발행저널	발생시기	제목
1	IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems	2002	Design, simulation, and evaluation of automated container terminals
2	Transportation Planning and Technology	2004	Automated shunting of rail container wagons in ports and terminal areas
3	Journal of Transportation Engineering-ASCE	2008	Performance of pneumatic capsule pipeline freight transport system driven by linear motor
4	Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review	2016	A strategic model of port-hinterland freight distribution networks
5	European Journal of Transport and Infrastructure Research	2016	Multimodal schedule design for synchromodal freight transport systems
6	Journal of Transport Geography	2017	European intermodal freight transport network: Market structure analysis
7	International Journal of Production Research	2017	Using artificial neural networks to predict container flows between the major ports of Asia

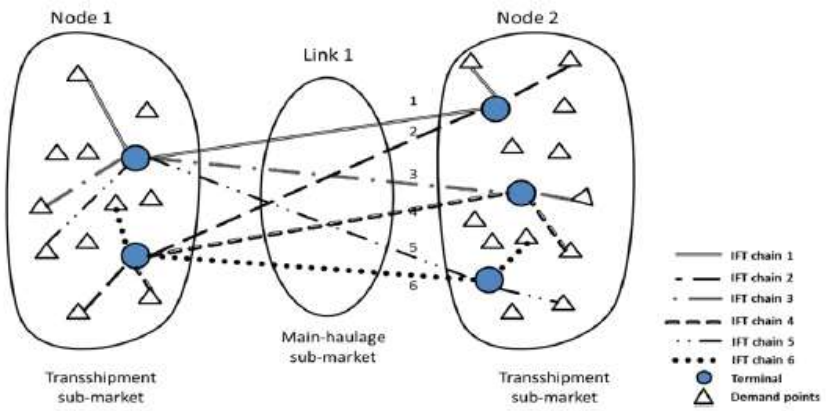
1	발행저널	IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems		
저자	Liu, CI (Liu, CI); Jula, H (Jula, H); Ioannou, PA (Ioannou, PA)			
기관	Aplus Flash Technol Inc; Univ So Calif; University of Southern California; Elect Engn Dept		피인용횟수	83
제목	Design, simulation, and evaluation of automated container terminals			
요약	Due to the boom in world trade port authorities are looking into ways of maki ng existing facilities more efficient. One way to improve efficiency increase ca pacity and meet future demand is to use advanced technologies and automation in order to speed up terminal operations. In this paper we design analyze and evaluate four different automated container terminal (ACT) concepts. These co ncepts include automated container terminals based on the use of automated g uidance vehicles (AGVs) a linear motor conveyance system (LMCS) an overhead grid rail system (GR) and a high-rise automated storage and retrieval structure (AS/RS). We use future demand scenarios to design the characteristics of each terminal in terms of configuration equipment and operations. A microscopic sim ulation model is developed and used to simulate each terminal system for the s ame operational scenario and evaluate its performance. A cost model is used t o evaluate the cost associated with each terminal concept. Our results indicate that automation could improve the performance of conventional terminals subst antially and at a much lower cost. Among the four concepts considered the on e based on automated guidance vehicles is found to be the most effective in t erms of performance and cost.			
기술	CIVIL ENGINEERING	키워드	automated container terminal (ACT); control logic; cost model; simulation	
도면 (Source)				

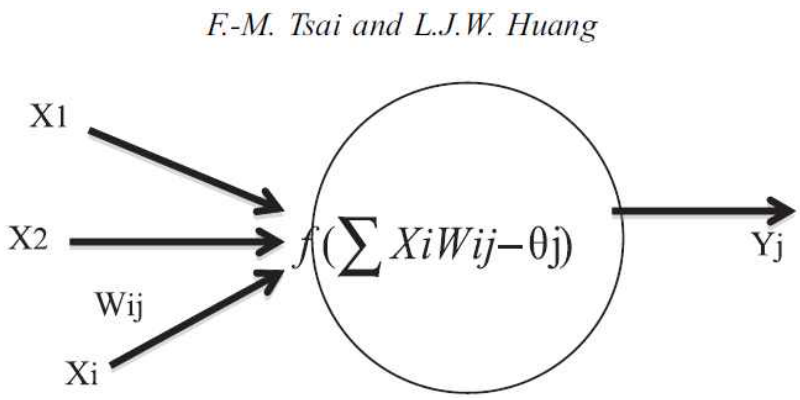
2	발행저널	Transportation Planning and Technology	
저자	Hansen, IA (Hansen, IA)		
기관	Delft Univ Technol; Delft University of Technology; Fac Civil Engn & Geosci; Transportat & Planning Sect	피인용횟수	7
제목	Automated shunting of rail container wagons in ports and terminal areas		
요약	The development of intermodal container transport is hampered in part by the cost associated with the shunting of trains in marshalling yards, inland and port railway terminals. Many new technologies have been developed in the past dec ade, but have still not been applied because of high capital investment costs, l ack of sufficient market demand and uncertain rates of return. The key for in creasing the competitiveness of intermodal container transport by rail is the op eration of heavy haul container trains between port and inland railway termina ls more frequently with fast, flexible and automatic transhipment, shunting and coupling of container wagons. The operation of self-driven railcars equipped wi th automatic centre coupling on terminal tracks, which can also be train-haule d on conventional hinterland railway lines, would enable a reduction of shuntin g and transhipment time and costs in intermodal container terminals by more t han 30%.		
기술	CIVIL ENGINEERING	키워드	intermodal transport; container; railcar; shunting; transhipment; linear motor; automation
도면 (Source)			

3	발행저널	Journal of Transportation Engineering-ASCE	
저자	O'Connell, RM (O'Connell, Robert M.); Liu, H (Liu, Henry); Lenau, CW (Lenau, Charles W.)		
기관	Univ Missouri; University of Missouri Columbia; University of Missouri System; Dept Elect & Comp Engn; Freight Pipeline Co	피인용횟수	1
제목	Performance of pneumatic capsule pipeline freight transport system driven by linear motor		
요약	There is growing concern over the problems associated with excessive use of t rucks to transport freight. Such problems include air and noise pollution, damag e to road surfaces, excessive fuel consumption, traffic congestion, and accident s. Underground capsule freight pipelines promise to alleviate and solve these p roblems. This paper examines the steady-state performance of a pneumatic ca psule pipeline (PCP) freight transport system based on the use of a nonintrusiv e linear electric motor (LEM) to propel the capsules. A PCP system consisting of a single LEM and a section of pipeline is described, and the equations that relate the various system variables are used in a MATLAB program to conduct a parametric performance study. The results suggest ways to optimize system performance without excessively increasing costs. For example, system mechani cal efficiency greater than 90.0% can be obtained with a normalized motor len gth of the order of 2.0% if the pipe line fill rate is at least 20.0%, the pipe c apsule speed is at least 15.0 m/s, the capsule length-to-diameter ratio is at mo st 2.0 m/m, the capsule mass per unit length is at most 250.0 kg/m, and the e nd disk to motor-diameter ratio is at least 0.99. When these conditions are sati sfied, the thrust per capsule required of the motor and the capsule speed in t he motor are relatively insensitive to slight changes in motor length, pipe line fill rate, pipe capsule speed, capsule length or mass, or the drag coefficient in the pipe, results that should simplify the design of the motor.		
기술	CIVIL ENGINEERING	키워드	-
도면 (Source)			

4	발행저널	Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review	
저자	Halim, RA (Halim, Ronald A.); Kwakkel, JH (Kwakkel, Jan H.); Tavasszy, LA (Tavasszy, Lorant A.)		
기관	Delft Univ Technol; Delft University of Technology; Delft Univ Technol; Delft University of Technology; TNO Sustainable Transport & Logist	피인용횟수	1
제목	A strategic model of port-hinterland freight distribution networks		
요약	This paper presents a strategic model for port-hinterland freight distribution networks. The approach utilizes a combination of a multi-objective optimization model to estimate locations and networks of distribution centers and an assignment model that recognizes distributed service level preferences. Our example application concerns the European continent and is transferable to other regions. The model calibration is able to explain the European port-hinterland distribution structures satisfactorily. We compute novel performance measures that take into account port-hinterland distribution structures. The measures include port-hinterland transport cost, port-hinterland transport.time, and distribution center-hinterland transport time. These measures can provide inputs for port connectivity studies.		
기술	POLITICAL SCIENCE & PUBLIC ADMINISTRATION; CIVIL ENGINEERING	키워드	Port-hinterland network; Distribution network; Freight model; Port connectivity; Policy analysis; Facility location model
도면 (Source)	 Fig. 2. Computational framework for the logistics network estimation model.		

5	발행저널	European Journal of Transport and Infrastructure Research	
저자	Behdani, B (Behdani, Behzad); Fan, Y (Fan, Yun); Wiegmans, B (Wiegmans, Bart); Zuidwijk, R (Zuidwijk, Rob)		
기관	Wageningen Univ; Wageningen University & Research; Operat Res & Logist Grp; Delft Univ Technol; Delft University of Technology; Dept Transport & Planning; Delft Univ Technol; Delft University of Technology; Dept Transport & Planning; Erasmus Univ; Erasmus University Rotterdam; Rotterdam Sch Management	피인용횟수	0
제목	Multimodal schedule design for synchromodal freight transport systems		
요약	This paper presents a strategic model for port-hinterland freight distribution networks. The approach utilizes a combination of a multi-objective optimization model to estimate locations and networks of distribution centers and an assignment model that recognizes distributed service level preferences. Our example application concerns the European continent and is transferable to other regions. The model calibration is able to explain the European port-hinterland distribution structures satisfactorily. We compute novel performance measures that take into account port-hinterland distribution structures. The measures include port-hinterland transport cost, port-hinterland transport.time, and distribution center-hinterland transport time. These measures can provide inputs for port connectivity studies.		
기술	POLITICAL SCIENCE & PUBLIC ADMINISTRATION; CIVIL ENGINEERING	키워드	freight transportation systems; synchromodal freight transport; multimodal transport; transport service scheduling
도면 (Source)			

6	발행저널	Journal of Transport Geography	
저자	Saeedi, H (Saeedi, Hamid); Wiegmans, B (Wiegmans, Bart); Behdani, B (Behdani, Behzad); Zuidwijk, R (Zuidwijk, Rob)		
기관	Delft Univ Technol; Delft University of Technology; Transport & Planning Dept; Wageningen Univ; Wageningen University & Research; Operat Res & Logist Grp; Erasmus Univ; Erasmus University Rotterdam; Rotterdam Sch Management	피인용횟수	0
제목	European intermodal freight transport network: Market structure analysis		
요약	The analysis of market structure and concentration measures for the Intermodal Freight Transport (IFT) market is important to avoid market failure and to find the areas for policy making to promote IFT market share. This analysis can be performed for separate segments, for example, the market for transshipment service or the market for main-haulage service. However, due to the multistage characteristic of IFT service, the segmental analysis gives an incomplete view of the IFT market at the network level. In a previous paper (Saeedi et al., 2017), we present the Intermodal Freight Transport Market Structure (IFTMS) model to conduct a network-based study of the IFTMS in which distinctive actors (i.e., pre/post haulage operators, terminals, rail/barge operators, transport chains, and corridors) are competing at different levels inside distinctive markets to deliver an integrated IFT service. There are two main challenges in the application of IFTMS model in real cases, for example, the European IFT network. First, the definition of the geographical and spatial border of the transshipment market areas is needed to determine which actors are potentially competing for a specific service demand. The second challenge is the lack of disaggregated data and the consistency of existing data in nodes (i.e., the transshipment areas) and links (i.e., the rail and barge operators). To cope with these challenges, we develop a four-step methodology in which a model-based approach is used to define the geographic boundaries of the transshipment submarkets and provide detailed and consistent data for market analysis. We also apply the IFTMS model to study the market structure of European intermodal network. Our analysis shows that the majority of transshipment markets as well as main-haulage markets are highly concentrated markets. The corridor markets - which include the IFT chains - are unconcentrated markets. Furthermore, the majority of corridors in the European Union are inside highly concentrated origin-destination markets.		
기술	ENVIRONMENTAL STUDIES, GEOGRAPHY & DEVELOPMENT	키워드	TERMINALS; INNOVATIONS; DISTANCE; AREA
도면 (Source)			

7	발행저널	International Journal of Production Research	
저자	Tsai, FM (Tsai, Feng-Ming); Huang, LDJW (Huang, Linda J. W.)		
기관	Natl Taiwan Ocean Univ; National Taiwan Ocean University; Dept Shipping & Transportat Management	피인용횟수	2
제목	Using artificial neural networks to predict container flows between the major ports of Asia		
요약	Container flow information is a critical issue for port operators and liners to s upport their strategic planning and decision-making. This study uses artificial n eural networks (ANNs) to predict container flows by considering GDP interest r ates the value of export and import trade the numbers of export and import c ontainers and the number of quay cranes. ANNs are developed for data mining purposes and the developed model can simultaneously predict container flows b etween the major ports of Asia. The forecasting results indicate that the predi ction errors are relatively small in most selected ports and thus shipping comp anies can use the container flow prediction model to make decisions concernin g operations. The results can be further applied to the trend analysis of contai ner flows among the major ports of Asia and a community analysis of the cont ainers was conducted for the purpose of supply chain management.		
기술	ENGINEERING MANAGEMENT /GENERAL	키워드	container flows; decision-making; artificial neural networks; ports of Asia; supply chain management
도면 (Source)			

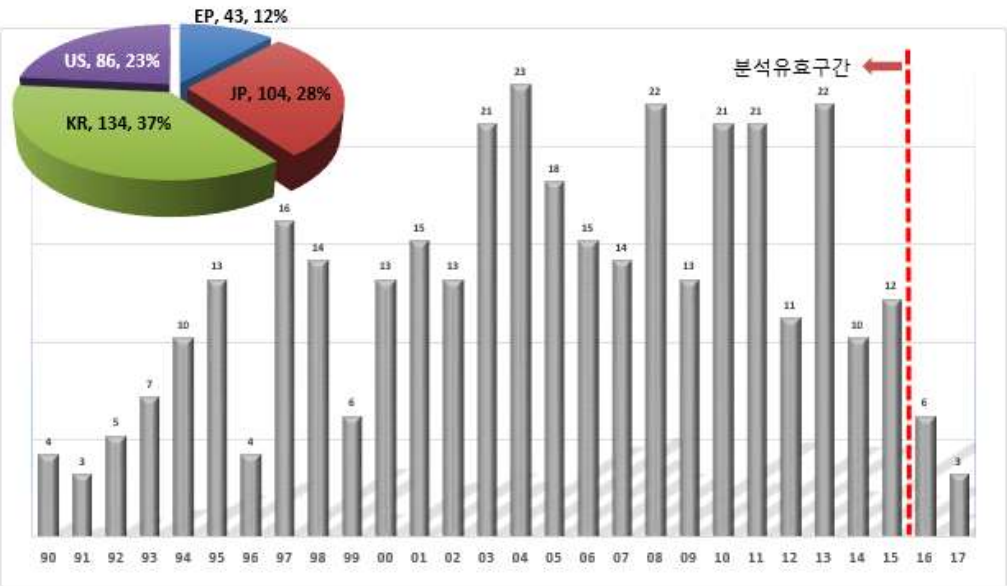
제 3 절 특허 분석

1. 특허 동향 분석

가. 전체 동향

○ 특허 분석은 1990년부터 현재까지 출원된 컨테이너 이송시스템 기술과 관련한 367건의 특허검색 결과를 바탕으로, 연도별 및 국가별 특허출원 동향과 전세계 및 국가별 주요 출원인 현황을 분석함

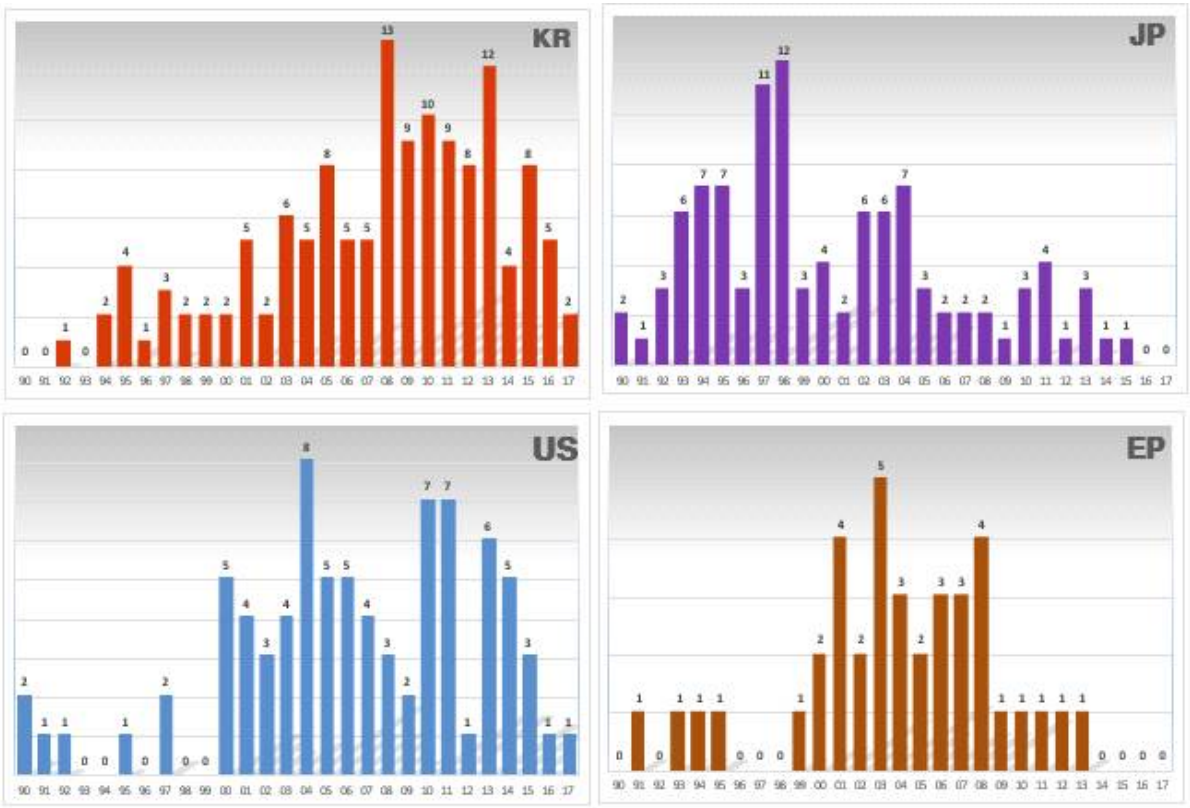
○ 연도별 특허출원동향은 출원년도를 기준으로 특허출원량의 추이를 파악하는 것으로, 특허출원 후 1년 6개월 후 공개되는 특허공개제도를 고려하면 분석시점(2017년 11월)으로부터 1년 6개월 전 출원된 특허에는 미공개상태의 특허가 존재하므로 출원년도 기준으로 모두 공개된 상태로 볼 수 있는 2015년까지가 분석유효구간임



<그림 3-6> 특허 전체 동향

○ 주요국의 특허점유를 보면 한국이 134건(37%)로 가장 많은 출원을 하고 있고, 다음으로는 일본이 104건(28%), 미국이 86건(23%), 유럽이 43건(12%)의 출원을 보이고 있으며, 전반적으로 1990년대 후반부터 출원이 증가하여 다소 감소하는 경우도 있으나 매년 20건 내외의 특허출원이 유지되고 있음

○ 각 국가별로 살펴보면 한국, 미국은 2000년대 이후 출원량이 증가하여 최근 출원활동이 활발한데 비해, 일본의 경우 90년대 후반의 출원증가 이후 최근에는 다소 저조한 출원 추세를 보임. 유럽의 경우 출원량이 미미하여 뚜렷한 동향을 보이고 있지 않음



<그림 3-7> 국가별 특허 동향

나. 출원인 동향

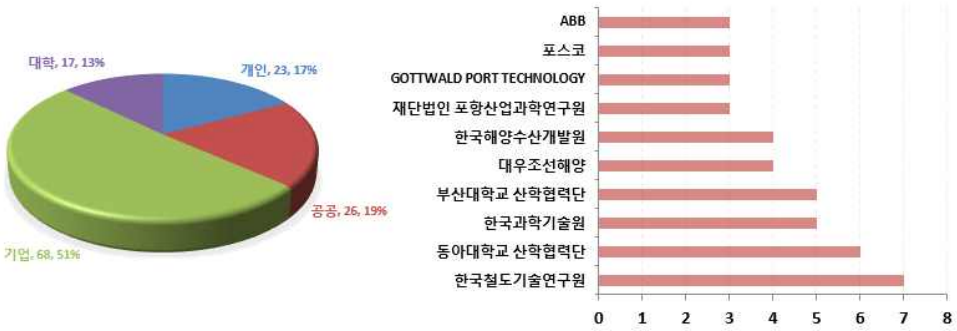
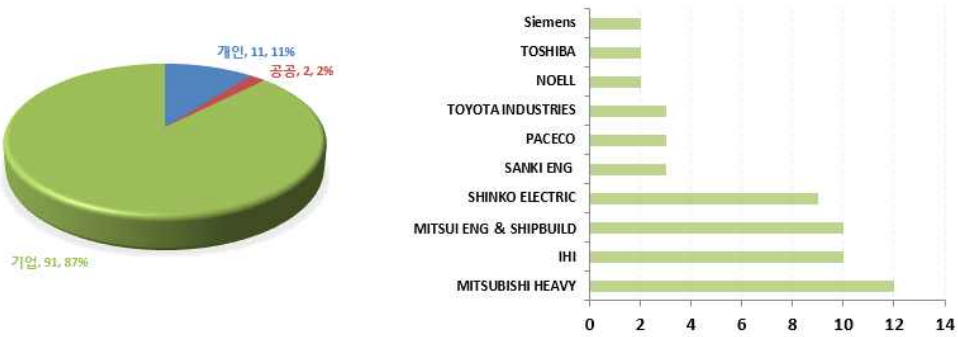
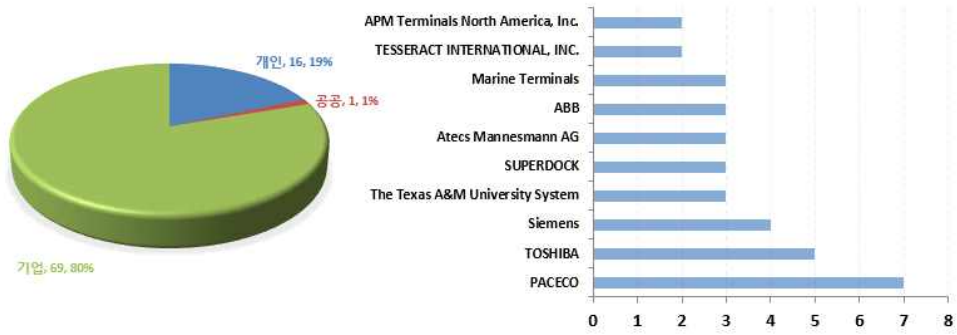
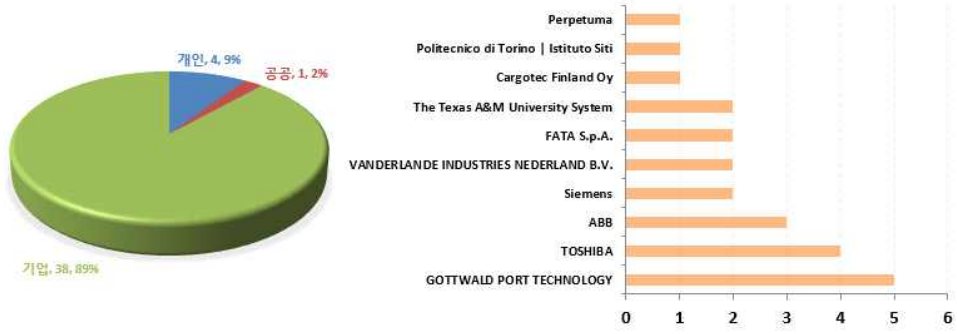
① 상위 출원인

○ 한국에서 기업의 출원이 50%의 비중을 차지하나 상위 출원인에는 한국철도기술연구원, 동아대학교 산학협력단 등 학교와 연구기관이 출원을 주도하고 있는 것으로 나타나 연구개발 초기 단계로 응용연구보다 기초연구 성격의 연구개발이 이루어지고 있는 것으로 분석됨

○ 일본, 미국, 유럽의 경우 기업의 출원 비중이 80% 이상으로, 일본의 경우 MITSUBISHI, IHI가, 미국의 경우 PACECO, TOSHIBA가, 유럽의 경우 GOTTWALD PORT TECHNOLOGY, TOSHIBA 등 기업에 의해 특허출원이 주도되고 있는 양상을 보이지만 출원량은 미미한 수준임

○ 전세계적으로 특허출원을 주도한다고 볼 수 있는 출원인은 나타나지 않고, 연도별 출원동향에서도 특허출원량이 증가하고 있는 양상이 뚜렷하게 나타나지 않는 점을 고려하면 내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너 이송시스템 기술의 연구개발은 아직 초기단계인 것으로 분석됨

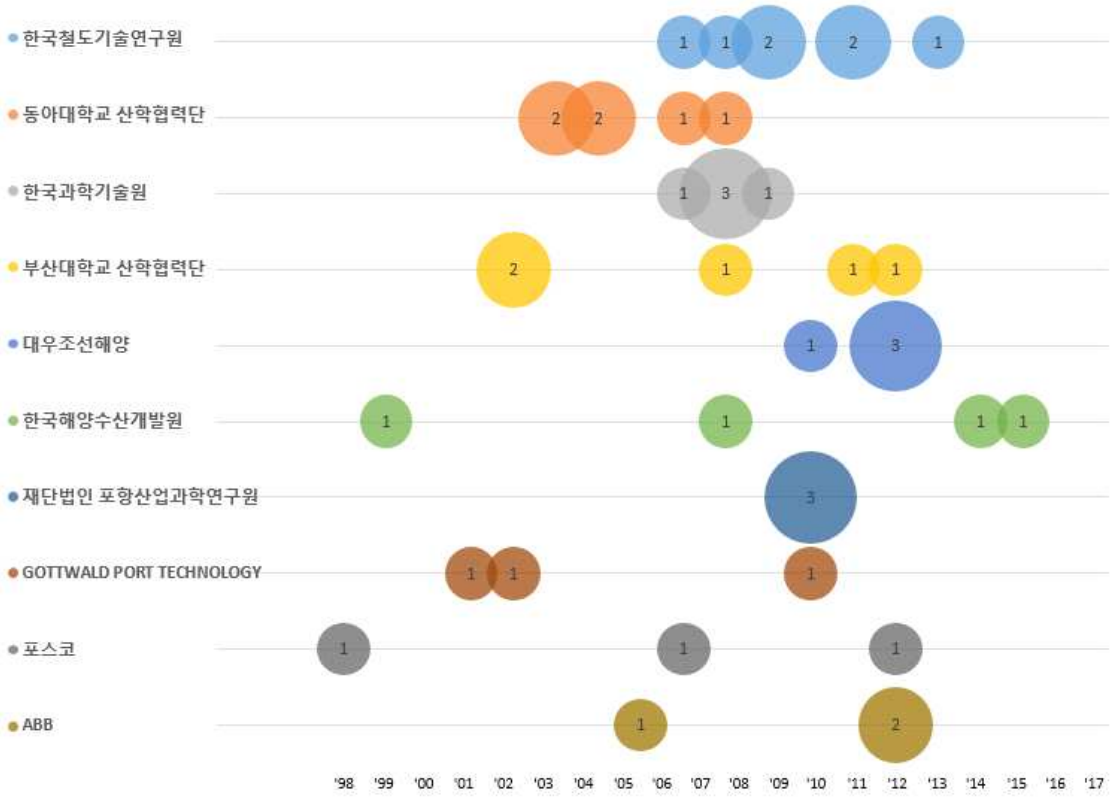
<표 3-8> 국가별 상위출원인 및 출원인 형태

발행국	상위출원인 출원 동향
한국	
일본	
미국	
유럽	

② 상위출원인의 출원량 변화

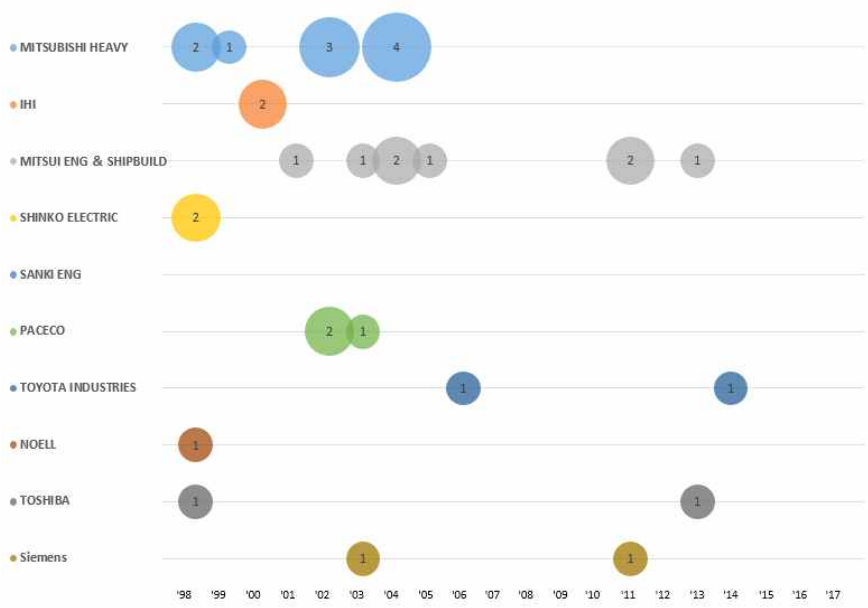
○ 국가별 상위출원인의 연도별 출원현황을 파악하기 위한 분석으로, 상위출원인의 출원이 집중되고 있는 시기 및 최근 출원현황 등을 파악할 수 있음

○ 한국의 경우, 한국철도기술연구원이 가장 많은 출원을 하고 있는데, 2000년 중반 이후 출원이 발생하고 있고, 전반적으로 2000년대 중후반에 주요 출원인의 출원이 상대적으로 집중되어 있는 경향이 나타남



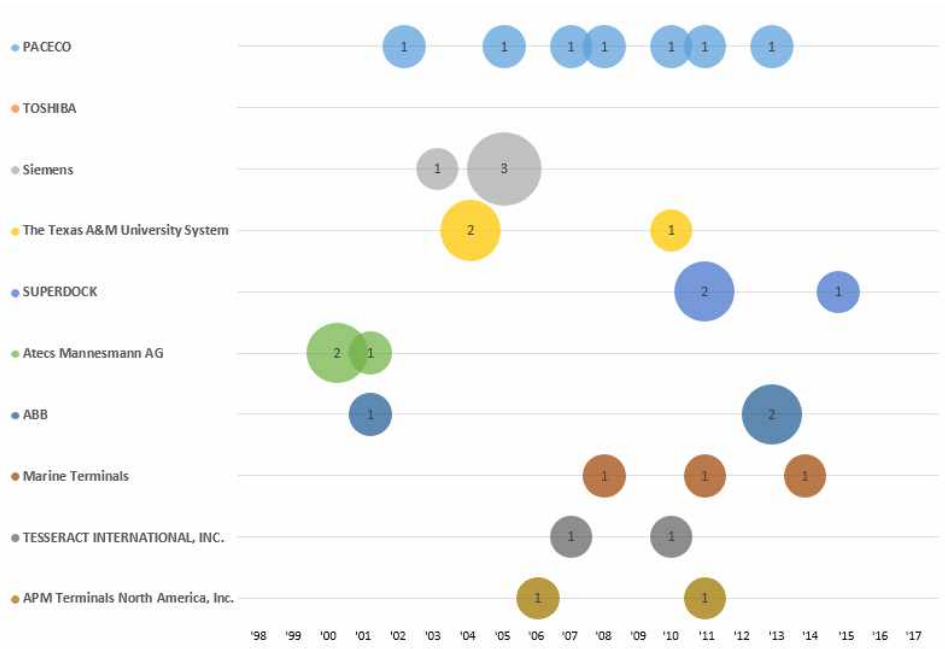
<그림 3-8> 한국 상위출원인의 출원량 변화

○ 일본의 경우, MITSUBISHI HEAVY사의 출원이 가장 많은 출원을 하고 있는데, 1990년 후반에서 2000년 초반에 집중되어 있고, 전반적으로 출원량이 미미한 가운데, 2000년대 초반에 주요 출원인의 출원이 집중되어 있는 경향이 나타남



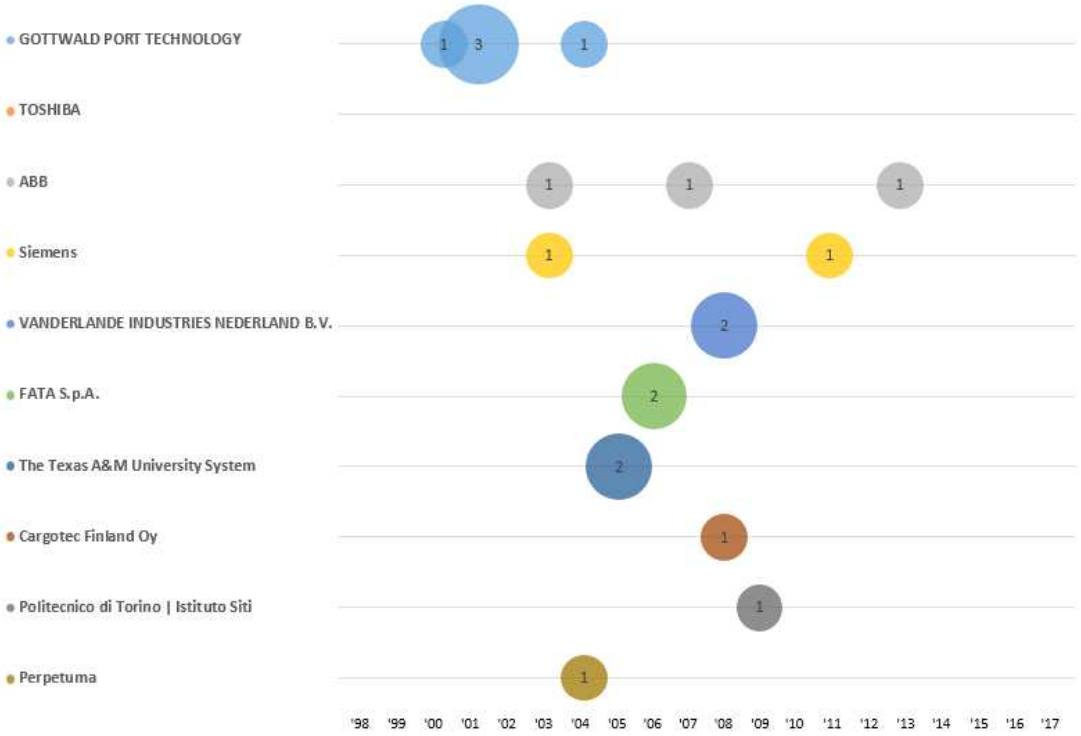
<그림 3-9> 일본 상위출원인의 출원량 변화

○ 미국의 경우, PACECO사의 출원이 가장 많은 출원을 하고 있는데, 2000년 초반부터 2010년대 초반까지 후반에서 2000년 초반에 집중되어 있고, TOSHIBA의 경우 출원이 1998년 이전에 집중되어 있어 1998년 이후 나타나고 있지 않으며, 전반적으로 출원량이 미미하여 2000년 이후에서 최근까지 소량의 출원이 이어져오고 있는 동향을 보이고 있음



<그림 3-10> 미국 상위출원인의 출원량 변화

○ 유럽의 경우, GOTTWALD PORT TECHNOLOGY사의 출원이 가장 많은 출원을 하고 있는데 2000년 전후로 집중되어 있고, TOSHIBA의 경우 미국과 마찬가지로 출원이 1998년 이전에 나타나고 있어 나타나고 있지 않으며, 전반적으로 출원량이 미미하여 2000년 이후에서 최근까지 소량의 출원이 이어져오고 있는 동향을 보이고 있음



<그림 3-11> 유럽 상위출원인의 출원량 변화

다. 국가별 기술별 동향

① 한국의 기술별 출원비중

○ 한국에서 기술 분야별 특허비중은 물류운영 최적화기술이 56건(42%)으로 가장 큰 비중을 차지하고, 네트워크 기반 통합 제어 시스템 기술 41건(30%), LM기반 컨테이너 이송시스템 기술 37건(28%) 순으로 나타나고 있음

○ 네트워크 기반 통합 제어시스템 기술이 타국가에 비해 상대적으로 높은 비중을 나타내고 있는데, 이는 IT 융합 분야의 연구개발이 국내에서 상대적으로 활발히 이루어지고 있는 것으로 분석됨



<그림 3-12> 한국의 기술별 특허비중

② 일본의 기술별 출원비중

○ 일본에서 기술 분야별 특허비중은 물류운영 최적화기술이 과반수 이상인 54건(52%)으로 가장 큰 비중을 차지하고, LM기반 컨테이너 이송시스템 기술 29건(28%), 네트워크 기반 통합 제어 시스템 기술 21건(20%) 순으로 나타나고 있음

○ 물류운영과 관련한 원격제어, 실시간 모니터링 기술 등에 대한 연구개발이 활발히 이루어지고 있는 것으로 분석됨



<그림 3-13> 일본의 기술별 특허비중

③ 미국의 기술별 출원비중

○ 미국의 기술 분야별 특허비중은 일본과 유사하게 물류운영 최적화기술이 과반수 이상인 44건(51%)으로 가장 큰 비중을 차지하고, LM기반 컨테이너 이송시스템 기술 23건(27%), 네트워크 기반 통합 제어 시스템 기술 19건(22%) 순으로 나타나고 있음

○ 물류운영과 관련한 원격제어, 실시간 모니터링 기술 등에 대한 연구개발이 활발히 이루어지고 있는 것으로 분석됨



<그림 3-14> 미국의 기술별 특허 비중

④ 유럽의 기술별 출원비중

○ 유럽의 기술 분야별 특허비중은 물류운영 최적화기술이 19건(44%)으로 가장 큰 비중을 차지하고, LM기반 컨테이너 이송시스템 기술 15건(35%), 네트워크 기반 통합 제어 시스템 기술 9건(21%) 순으로 나타나고 있음

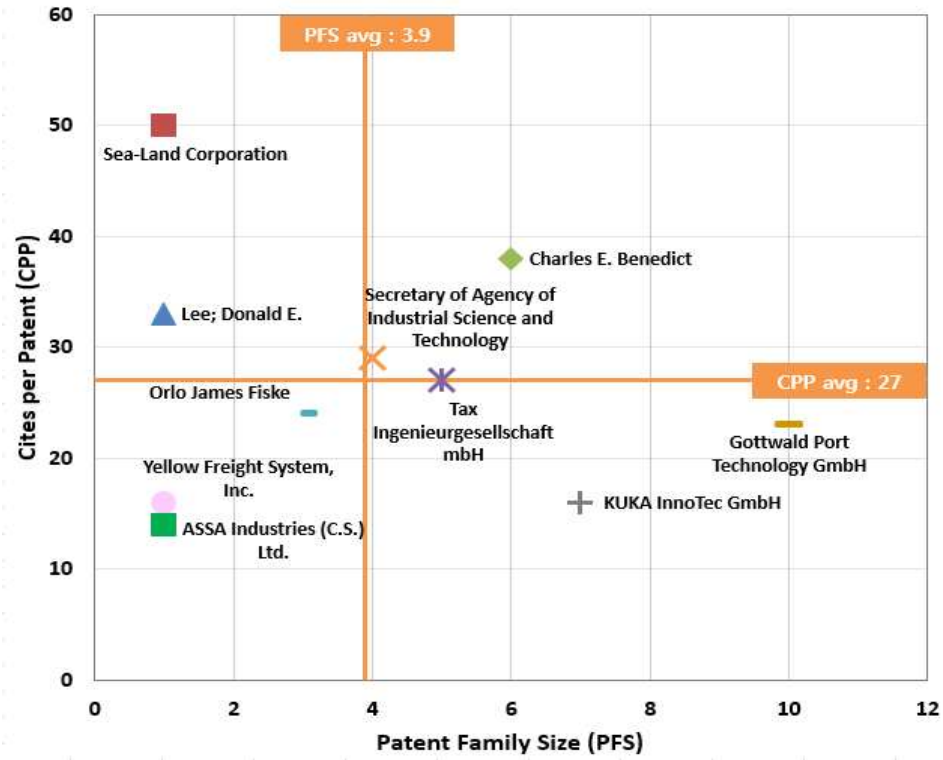
○ 물류운영 최적화 관련 기술 및 리니어 모터 기반 컨테이너 이송시스템 기술 관련 연구개발이 비슷한 비중을 차지하여 리니어 모터 구동과 연계하는 운영 제어 기술에 관한 연구개발이 이루어지고 있는 것으로 분석됨



<그림 3-15> 유럽의 기술별 특허 동향

2. 특허 지수분석

가. 출원인별 시장력과 피인용 상관관계



<그림 3-16> 출원인별 시장력과 피인용 상관관계

○ 미국등록특허에 나타나는 특허의 인용관계(Citation)를 이용하여 특허가 기술적으로 영향을 미치는 정도(피인용도의 비율)[7]와 패밀리 국가수(시장확보지수)[8]를 통해 연구주체의 특허가 질적 수준 또는 시장확보를 위한 노력의 정도를 평가 방법임

○ 특허 피인용도 지수(CPP)의 평균은 27, 평균 시장확보지수는 3.9로 나타남

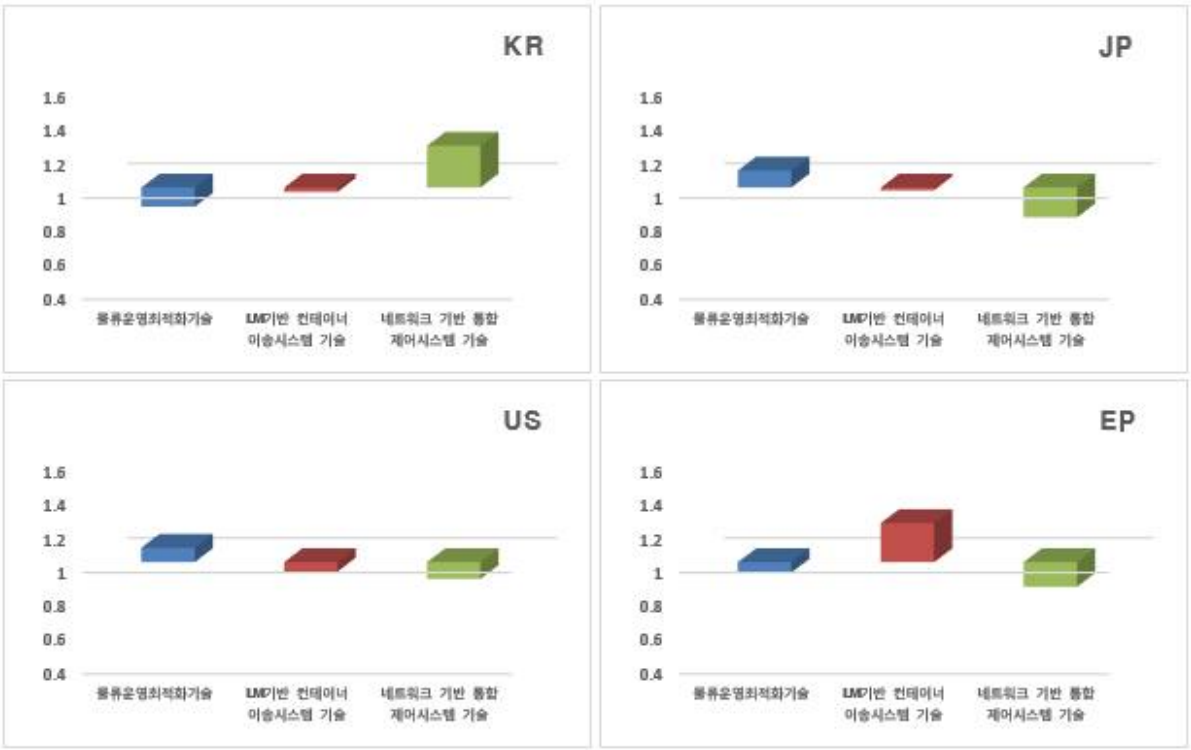
○ Charles E. Benedict의 특허가 기술영향력과 시장확보력이 평균 이상으로 나타나고 있고, Gottwald Port Technology는 시장확보력이 상대적으로 가장 높아 패밀리특허를 다수 보유하고 있으며, Sea-Land는 기술영향력이 상대적으로 가장 높게 나타나 보유특허가 가장 많이 인용되고 있는 것으로 분석됨

---

7) **※ 피인용도 지수(CPP, Cites Per Patent)** - 특정 특허권자의 특허들이 이후 등록되는 특허들에 의해 인용되는 회수의 평균값으로, 이 값이 클수록 주요특허 또는 원천특허를 많이 가지고 있다는 것을 의미하며 많이 인용되는 특허를 가진 특허권자는 경쟁에서 유리한 위치를 점할 수 있음

8) **※ 시장확보지수(Patent Family Size)** - 한 발명에 대해 각 국가마다 출원된 특허를 Family patent라 지칭함. 해당국가에서 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 때에만 해외에 특허를 출원하므로 Family Patent 수가 많을 때에는 특허를 통한 시장성이 크다고 판단되어 이를 시장확보력의 지표로 사용함

나. 국가별 상대적 특허활동



<그림 3-17> 국가별 특허활동지수

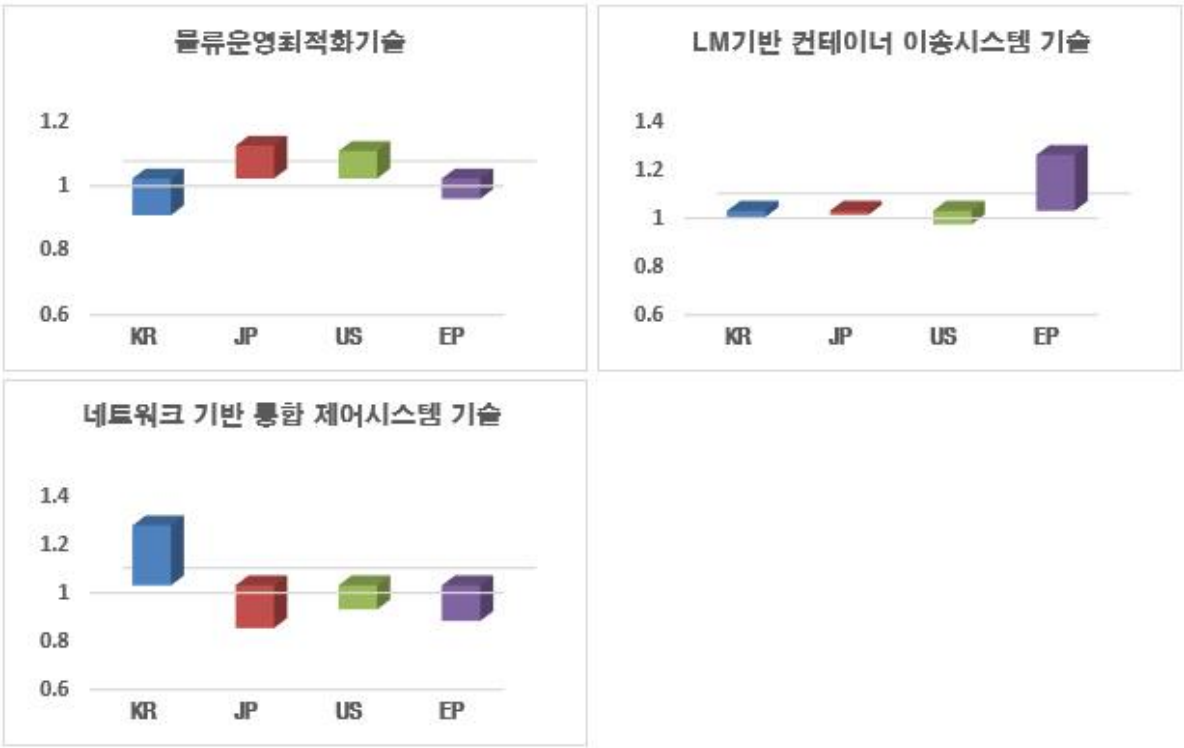
○ 각국의 특허활동지수(A.I)를 통해 각국이 내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너 이송시스템 기술에서 어느 기술 분야에 상대적으로 특허 활동이 활발한지 알아보는 평가방법임

○ 한국의 경우, 네트워크 기반 통합 제어시스템 기술 분야가 상대적으로 특허 활동이 활발하며, 물류운영최적화기술 분야는 상대적으로 특허 활동이 적은 것으로 나타남

○ 일본과 미국의 경우, 물류운영최적화기술 분야에서 상대적으로 특허 활동이 활발한 것으로 나타나고 있으며, 네트워크 기반 통합제어시스템 기술 분야는 상대적으로 특허활동이 적은 것으로 나타남

○ 유럽의 경우, LM기반 컨테이너 이송시스템 분야가 상대적으로 활발한 특허 활동을 보이는 것으로 나타났고, 네트워크 기반 통합제어시스템 기술 분야는 상대적으로 특허활동이 적은 것으로 나타남

다. 기술별 상대적 특허활동



<그림 3-18> 기술별 국가의 특허활동지수

○ 각 기술별 특허활동지수(A.I)를 통해 내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너 이송시스템 기술의 세부 기술별로 어느 국가가 상대적으로 특허 활동이 활발한지 알아보는 평가방법임

○ 물류운영최적화기술 분야의 경우, 일본과 미국이 상대적으로 특허활동이 활발하며 한국의 특허활동이 상대적으로 적은 것으로 나타남

○ LM기반 컨테이너 이송시스템 기술 분야의 경우, 다른 국가에 비해 유럽에서 상대적으로 특허 활동이 높게 나타나고 있음

○ 네트워크 기반 통합 제어시스템 기술 분야의 경우, 다른 국가에 비해 한국에서 상대적으로 매우 활발한 특허 활동을 보이는 것으로 나타나고, 일본, 미국, 유럽 모두 한국에 비해 상대적으로 낮은 특허활동을 보이고 있음

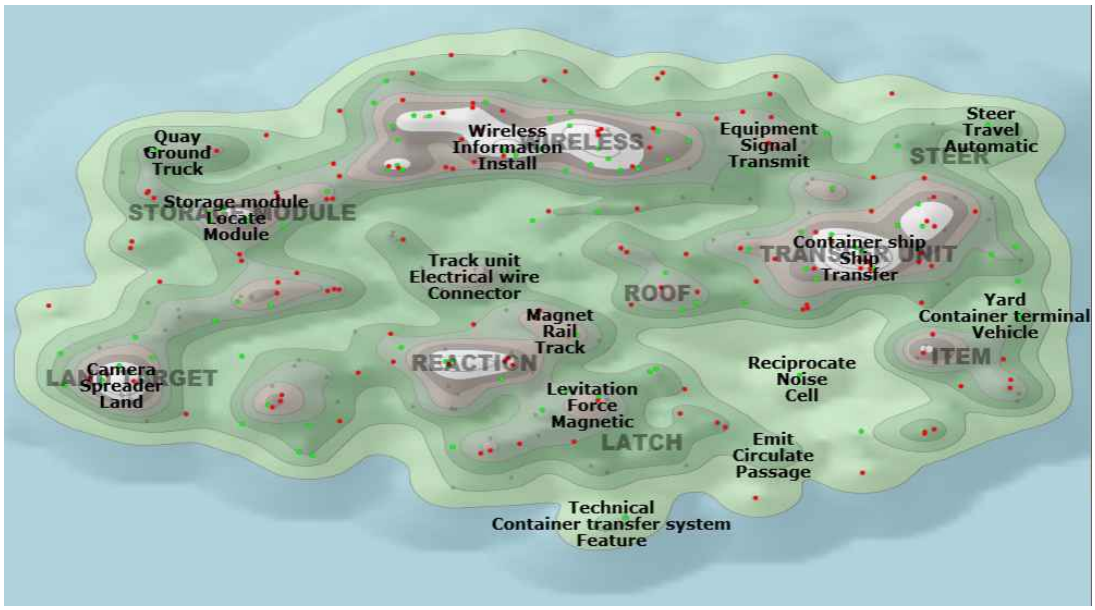
3. 특허 분포도 분석

가. 출원 동향 분석 - 등고선맵

○ 등고선맵은 영문키워드를 이용하여 분석하는 방법으로 미국 및 유럽, 영문으로 작성되는 일부 한국, 일본 특허가 분석대상이 되며, 본 결과는 발명의 명칭 및 요약에 포함된 키워드를 이용하여 분석된 결과임

○ 등고선상에서 높은 위치에 있는 키워드들이 대상특허들에서 상대적으로 빈번히 사용된 키워드로 해당 키워드와 관련된 연구가 활발히 진행되었다고 볼 수 있으며, 특허들 간의 상대적 거리는 관련성을 나타냄

○ 등고선 맵상의 빨간 점은 2005년 이후 출원된 특허를 나타내는 것이며, 녹색 점은 2005년 이전에 출원된 특허를 나타내는 것으로, 컨테이너 이송과 관련된 키워드 중에 Wireless Information Install, Container ship Transfer 등 통신을 통한 컨테이너 이송 제어 관련 키워드가 가장 두드러지게 나타나고, Magnet Rail Track, Levitation Force Magentic 등 리니어 모터 관련 키워드도 높은 빈도로 나타나고 있음



<그림 3-19> 친환경 컨테이너 이송시스템 기술의 출원 동향(등고선 맵)

4. 주요 특허의 평가 및 분석

가. 주요 특허

○ 검색된 친환경 컨테이너 이송시스템 기술과 관련한 특허 중 제안하는 기술의 세부 기술범위와 관련한 주요 특허군에서 연구에 참고해야 할 유사도가 높은 핵심특허를 선별함

<표 3-9> 본 과제와 관련한 주요 특허 리스트

순번	특허번호	출원일	발명의 명칭	출원인	기술분류
1	US4973219 A	19880715	Grid rail container transport and storage system	Sea-Land	물류운영 최적화 기술
2	US20150112476 A1	20131017	System and method for integral planning and control of container flow operations in container terminals	Navis LLC	물류운영 최적화 기술
3	US20110251716 A1	20110621	System and process for improving container flow in a port facility	APM Terminals North America	물류운영 최적화 기술
4	KR101282942 B1	20101224	물류거점간 자동 운송 시스템	한국철도 기술연구원	물류운영 최적화 기술
5	JP2007320364 A	20060530	항만 하역 시스템에 있어서의 무인 반송차의 제어 방법	주식회사 도요다 자동직기	물류운영 최적화 기술
6	KR101767385 B1	20170228	순환식 이송구조를 갖는 컨테이너 검색 시스템	한국해양 과학기술원	LM기반 컨테이너 이송 시스템
7	KR101597541 B1	20140617	화물이송장치	한국철도 기술연구원	LM기반 컨테이너 이송 시스템

8	KR101254975 B1	20110216	튜브운송시스템용 궤도	재단법인 포항산업 과학연구원	LM기반 컨테이너 이송 시스템
9	US7654203 B2	20040622	Freight transportation system and method	The Texas A&M University System	LM기반 컨테이너 이송 시스템
10	US6418857 B1	20000829	Superconductive magnetic levitation transportation system	Secretary of Agency of Industrial Science and Technology	LM기반 컨테이너 이송 시스템
11	US20150239685 A1	20140227	Computer-implented container terminal management system and method	Qodebox Inc	네트워크 기반 통합제어 시스템
12	KR1020150036302 A	20130701	수송대 자동 구성을 갖는 철도 운송 시스템	CO.EL.DA. Software Srl	네트워크 기반 통합제어 시스템
13	KR1020100048729 A	20081031	항만배후단지 물류정보 관리 시스템 및 방법	부산 항만공사	네트워크 기반 통합제어 시스템
14	KR101400804 B1	20120917	항만에서 무선통신을 통해 자동 운행하는 궤도식 컨테이너 자동 환적장치	한국철도 기술연구원	네트워크 기반 통합제어 시스템
15	JP2010100239 A	20081027	화물 터미널역등의 구내에 있어서의 궤도 차량 동정 관리 시스템	Sumitomo Metal Logistics Service	네트워크 기반 통합제어 시스템

나. 등록 특허 등급분포

○ 주요등록특허 특허권자별 보유특허의 질적 수준을 알아보기 위한 것으로, 한국과 미국의 특허 중 등록이 되고 권리를 유지하고 있는 특허를 대상으로 K-PEG[9] 평가를 실시함

○ K-PEG 평가의 의미

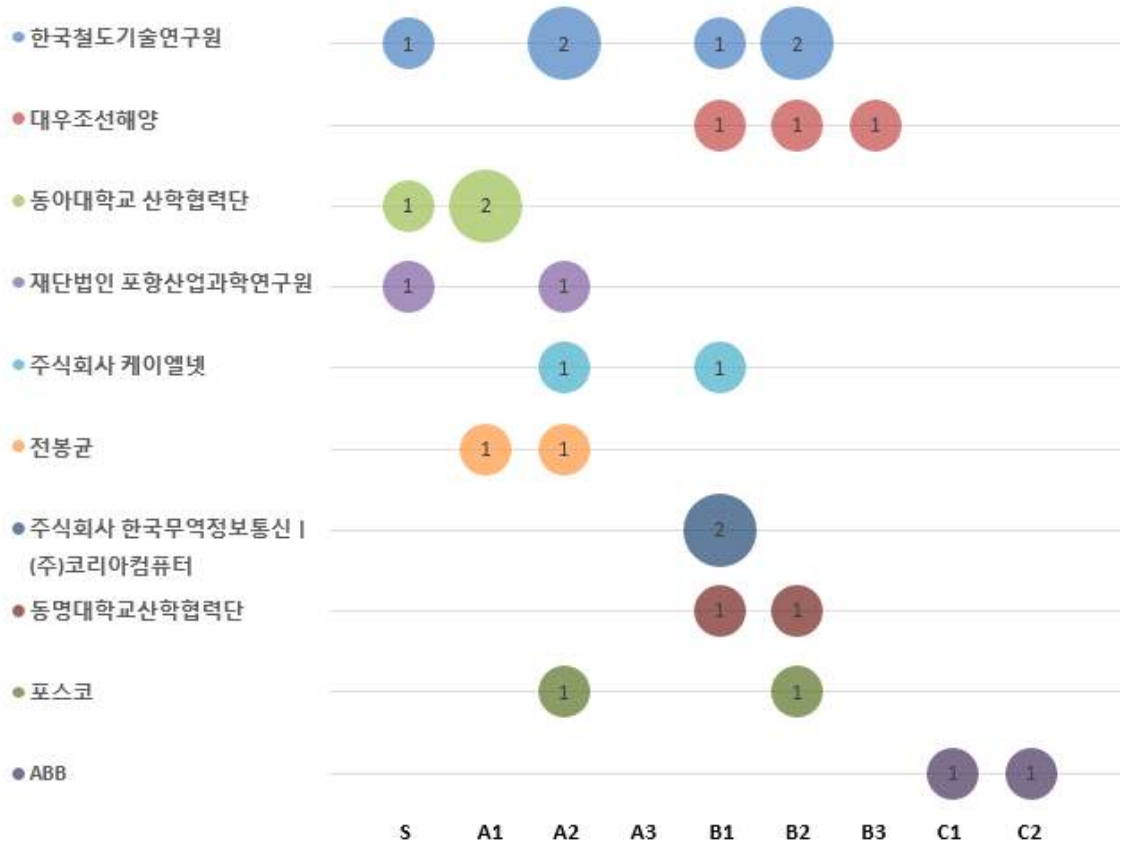
- 특허유지율 관련 평가항목 및 기술 분야별 평가 모델을 통해 특허생존지수(PSI)와 종합 등급을 부여하는 특허정보진흥센터의 특허 평가 시스템
- 특허를 유지함으로써 창출되는 부가가치, 즉, 가치있는 특허가 생존가능성이 높다는 관점에서 평가
- 특허청에서 입수한 특허명세서, 심사처리정보 등의 자료를 통해 권리적 강도, 기술수준, 사업화 가능성 등을 평가하여 분류별 점수 및 종합등급 산출

<표 3-10> K-PEG 평가요소 및 의미

대분류	중분류	의미
기술성 (100점)	(독립)청구항 수	독립항 수를 통한 권리적 우위성 평가
	청구범위	특허의 권리적 경계
	권리의 변동성	출원 당시 대비 청구항 변동 여부
권리성 (100점)	기술 완전성	발명자 간 상호협력을 통한 기술적 완성도
	기술 협력도	공동연구에 따른 기술적 확장성
	국제 협력도(연구)	국제적 수준의 협력 강도
	기술 융합도	기술적 융합 정도
상업성 (100점)	국제 협력도(권리)	국제 공동연구를 통한 상업적 활용 가능성
	특허 점유도	해당 특허권자가 관련 분야에서 차지하는 특허 점유율
	활용성	도면의 구체성을 통한 상업적 활용 가능성 평가
	지역 확장성	지역적 권리 범위

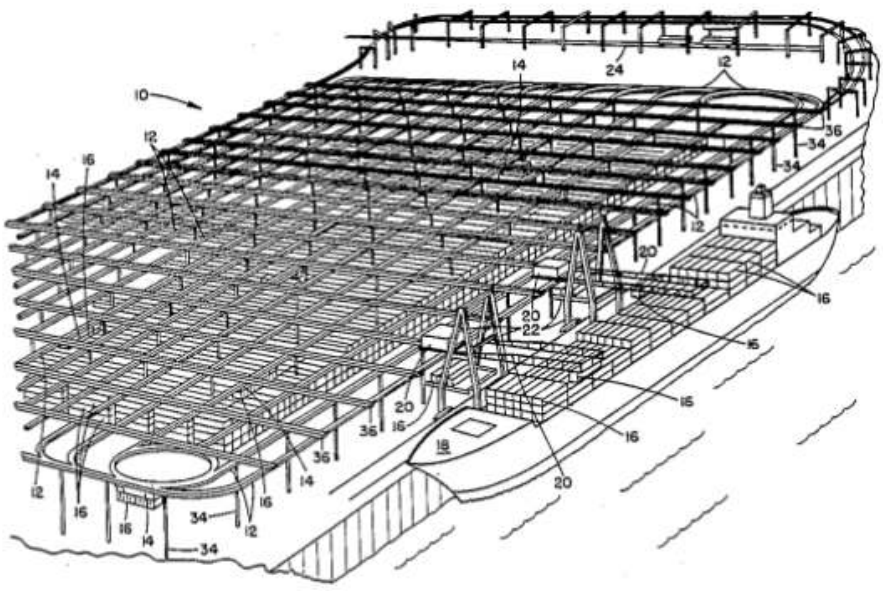
9) 데이터 마이닝 기법을 이용한 특허를 기계적으로 평가하는 특허정보진흥텐터 특허평가모델로 특허(실용제외)에서 등록이 유지되고 있는 특허를 대상으로 특허생존지수 및 평가등급을 부여함

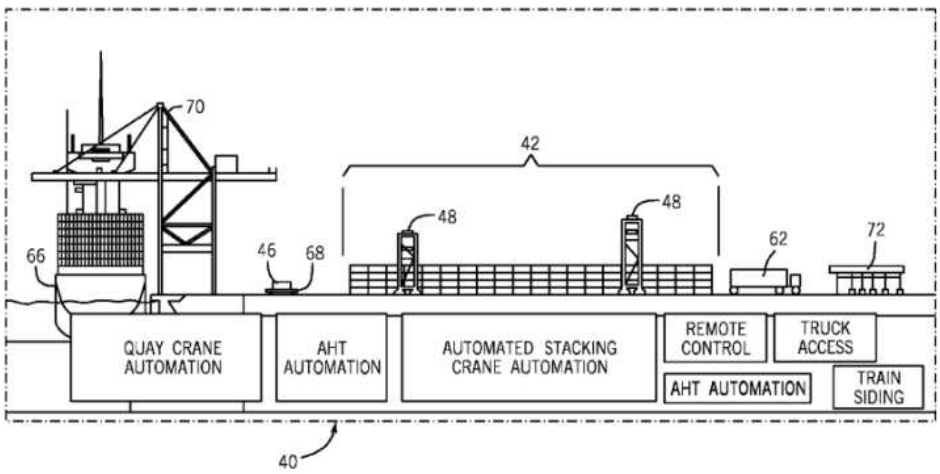
○ 한국의 주요출원인 중 한국철도기술연구원과 동아대학교의 특허평가가 비교적 높게 나타났으며, 한국철도기술연구원은 물류운영 최적화 및 네트워크 기반 통합 제어시스템 기술 분야에, 동아대학교는 LM기반 컨테이너 이송시스템 기술 분야에 상대적으로 높은 등급의 특허를 보유하고 있는 것으로 나타남

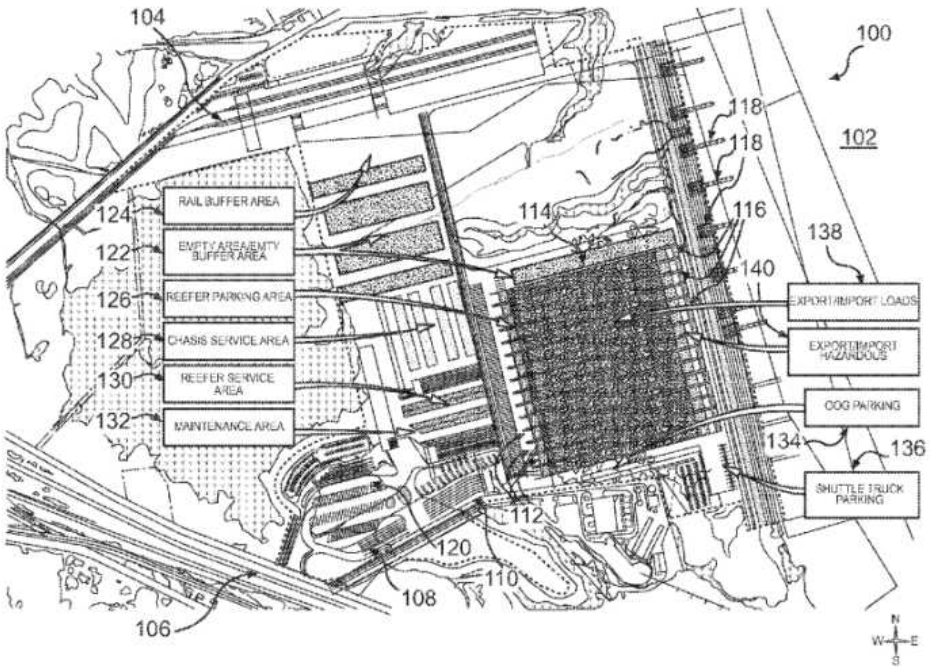


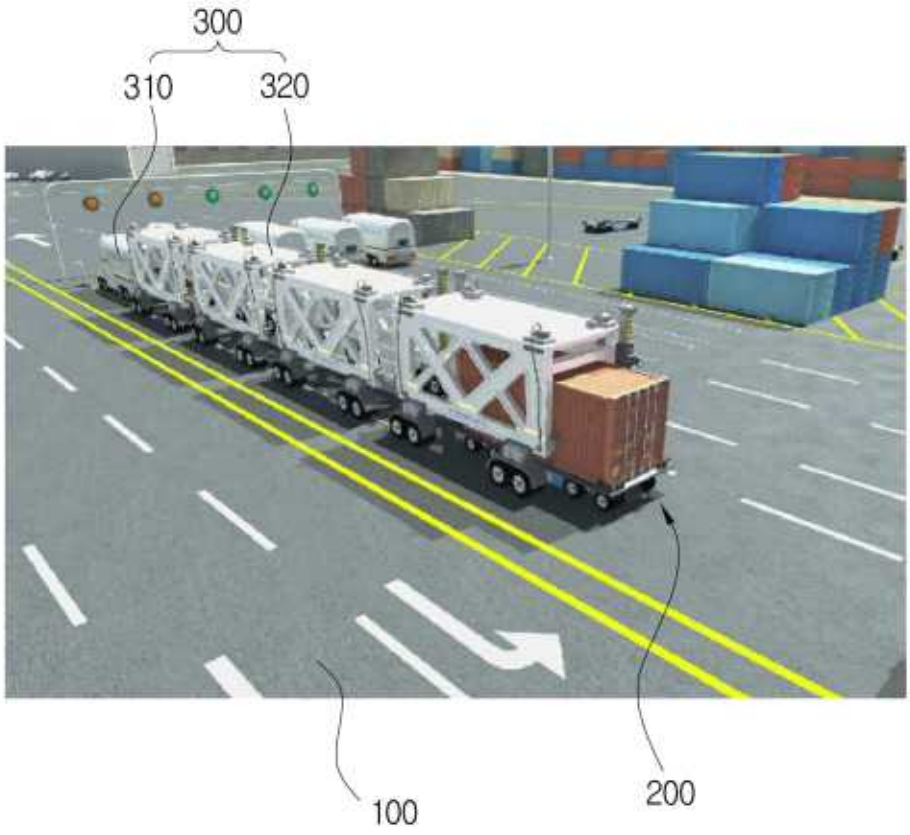
<그림 3-20> 국내 주요출원인 등록특허 등급분포

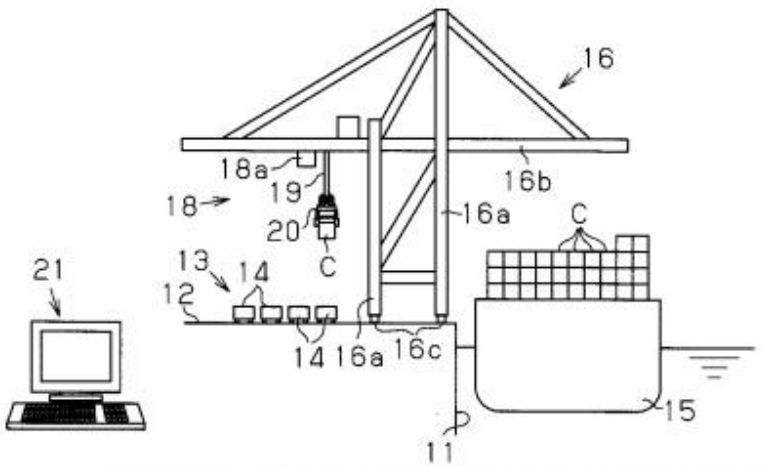
5. 핵심 특허 분석

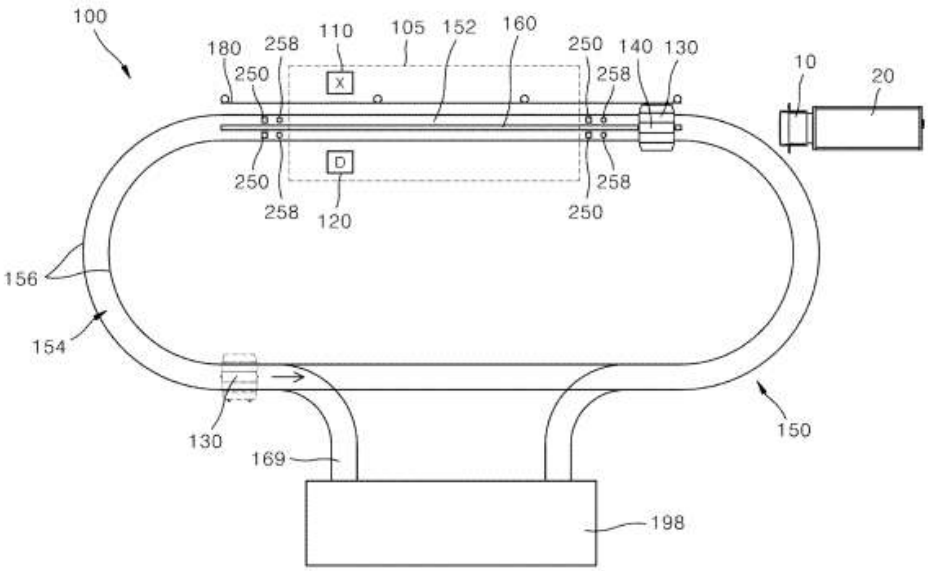
공보구분	US	기술분류	물류운영최적화기술
출원번호	US100000070220975	출원일자	1988.07.15
등록번호		공개일자	
등록번호	US004973219A	등록일자	1990.11.27
출원인	Sea-Land Corporation		
발명의 명칭	Grid rail container transport and storage system		
요 약	The present invention provides a high productivity, high density container storage yard adjacent to a facility for loading and unloading containers, such as to and from ships, with the individual containers stored therein being stacked up to four containers high. An integrated container handling system is designed to move the containers from the container storage yard to the loading and unloading facility, and includes an overhead grid rail system on which container carrying shuttle vehicles are routed to designated yard locations by a master control system. Passive switching mechanisms are utilized to selectively move the shuttle vehicles through the grid rail network, wherein the actual switch mechanism is carried on the shuttle vehicle rather than on the track. One disclosed embodiment of the loading and unloading facility comprises overhead cranes and associated buffers in a marine terminal for loading and unloading a container ship. The present invention is also particularly applicable to intermodal facilities for transferring shipping containers between different types of container shipping systems, such as between container transport ships and rail cars.		
대표도면			

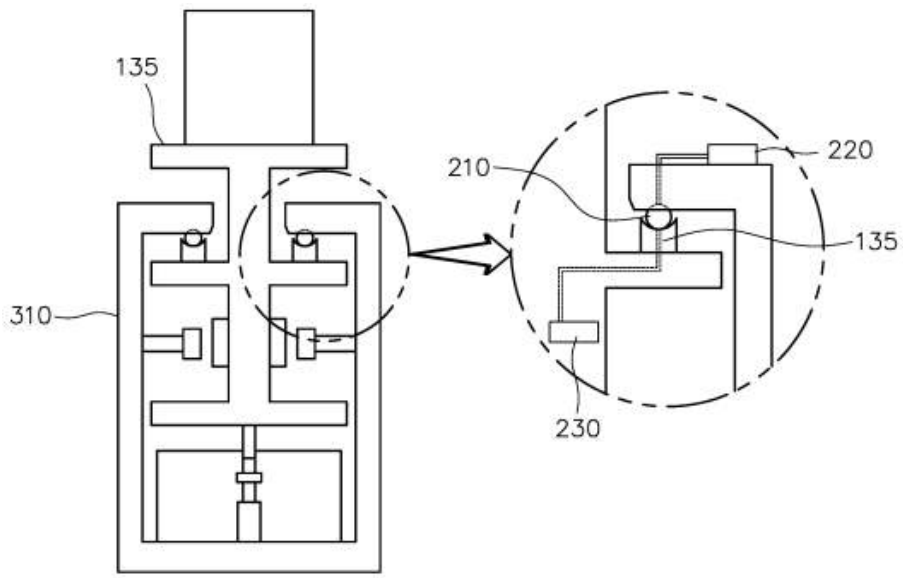
공보구분	US	기술분류	물류운영최적화기술
출원번호	US100000140056163	출원일자	2013.10.17
공개번호	US2015000112476A1	공개일자	2015.04.23
등록번호		등록일자	
출원인	Navis LLC		
패밀리	BR2016102014026030A2_20160524 ¦ EP002863349A1_20150422 ¦ US009061843B2_20150623		
발명의 명칭	System and method for integral planning and control of container flow operations in container terminals		
요 약	A system and method for automatically planning and controlling container flow operations in a large-scale container terminal shipping container transportation and storage terminals such as those at ports is disclosed. The system and method automatically scheduling operations of the container terminal in a holistic manner in multiple different time windows in advance in which operations are scheduled in a far-ahead horizon time window, in a candidate horizon time window, and in an imminent horizon time window.		
대표도면			

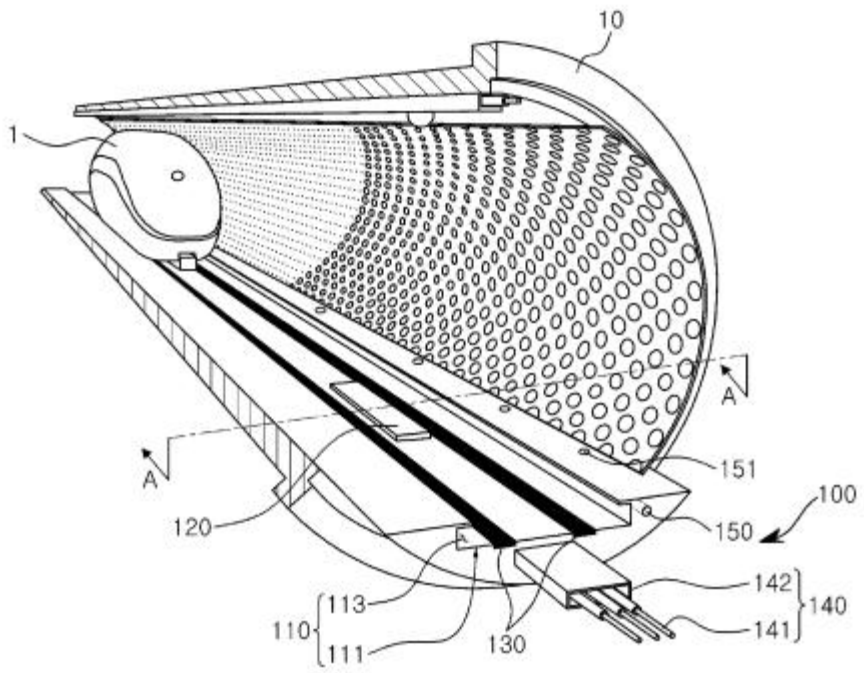
공보구분	US	기술분류	물류운영최적화기술
출원번호	US100000130165003	출원일자	2011.06.21
공개번호	US2011000251716A1	공개일자	2011.10.13
등록번호		등록일자	
출원인	APM Terminals North America		
패밀리	EP001861866A2_20071205 ¦ EP001861866A4_20100526 ¦ US007987017B2_20110726 ¦ US008306649B2_20121106 ¦ US2006000251498A1_20061109 ¦ WO2006000093744A2_20060908 ¦ WO2006000093744A3_20071115		
발명의 명칭	System and process for improving container flow in a port facility		
요 약	A system and process for improving container flow within a port facility, including improved equipment and software for controlling operation and flow of the equipment in the part facility. The system may include a port facility geographically arranged to separate land operations and water operations. Land operation's such as over-the-road missions and rail missions may use landside access areas positioned at one end of a yard including rows of container stacks. Water missions such as loading/discharging a vessel may use waterside access areas positioned at the opposite end of the yard. Automated cranes linked with a terminal operating system may pick/drop/shuffle containers and/or refrigerated containers ("reefers") within the container stacks. Shuttle trucks may be used to pick/drop containers at quayside access points and the waterside access areas. The shuttle trucks may utilize shared wheelpaths. Software systems may be used to implement various principles of the disclosure.		
대표도면			

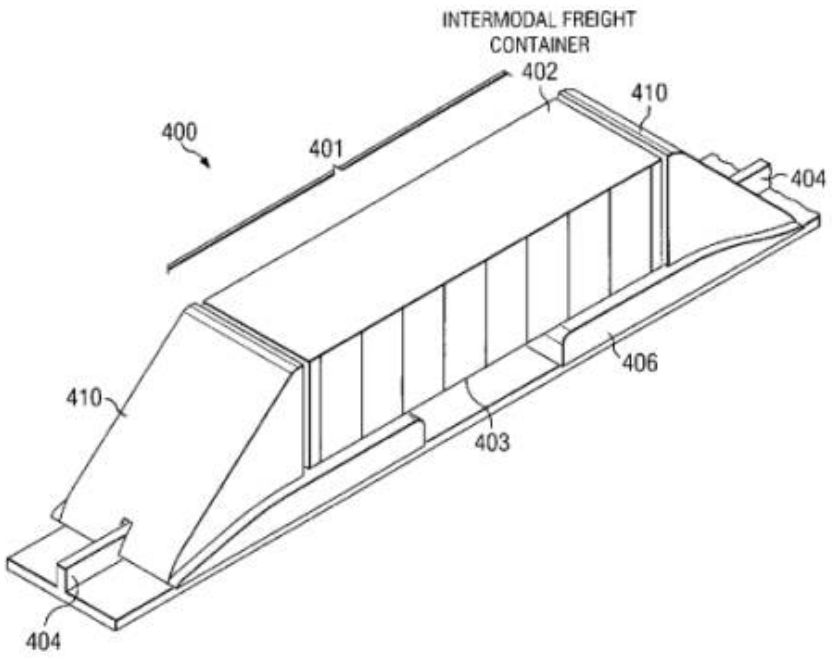
공보구분	KR	기술분류	물류운영최적화기술
출원번호	KR102010000134585	출원일자	2010.12.24
공개번호	KR102012000047736 A	공개일자	2012.05.14
등록번호	KR10001282942B1	등록일자	2013.07.01
출원인	한국철도기술연구원		
발명의 명칭	물류거점간 자동 운송 시스템		
요 약	본 발명은 물류거점간 자동 운송 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 자동운반차량(Automated Guided Vehicle)을 이용하여 물류거점간에 이루어지는 물류의 운송을 친환경, 에너지 효율적으로 자동화함으로써 녹색물류를 지향하고, 화물차의 수송분담율을 줄여 도로의 혼잡율을 완화시키며 철도운송의 접근성 문제를 보완할 수 있는 물류거점간 자동 운송 시스템에 관한 것이다.본 발명은 물류거점간 자동 운송 시스템에 있어서, 지하에 다수의 트랜스듀서가 매설된 전용도로와, 상기 전용도로 상을 주행하며 컨테이너를 이송하는 자동운반차량과, 상기 자동운반차량에 의해 이송된 컨테이너를 옮겨 실은 상태에서 물류거점 사이를 주행하는 기관차 및 상기 자동운반차량 및 기관차의 주행을 제어하기 위한 컨트롤 타워를 포함하여 구성된 것을 특징으로 한다.		
대표도면			

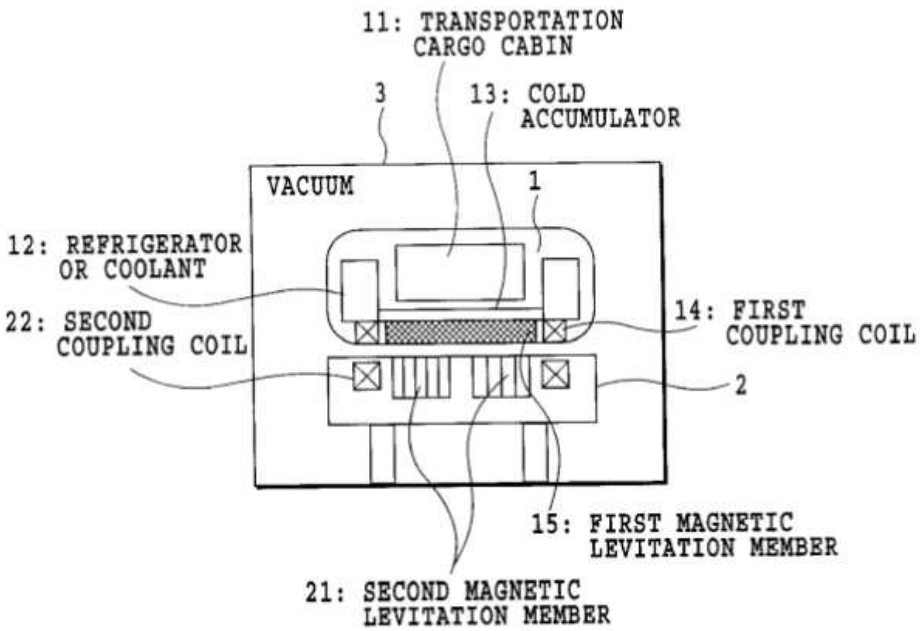
공보구분	JP	기술분류	물류운영최적화기술
출원번호	JP102006000150449	출원일자	2006.05.30
공개번호	JP2007000320364A	공개일자	2007.12.13
등록번호		등록일자	
출원인	Toyota Industries Corporation		
발명의 명칭	항만 하역 시스템에 있어서 무인 반송차의 제어 방법		
요 약	PROBLEM TO BE SOLVED: To efficiently perform the transferring work with a gantry crane by restricting the waste movement of the gantry crane and an automatic guided vehicle. SOLUTION: A control device computes the following work planed position based on the present work position of the gantry crane, and computes a waiting position of the automatic guided vehicle based on the following work planed position, and instructs the waiting position to a travelling control device. The control device determines whether the gantry crane moved to the following work planed range and stopped at the working position or not. In the case wherein the control device determined that the gantry crane stopped, the control device instructs the waiting automatic guided vehicle to move to the working position. When the travelling control device receives the instruction from the control device to move to the working position, the travelling control device moves the automatic guided vehicle to the instructed working position, and stops it at the working position.		
대표도면			

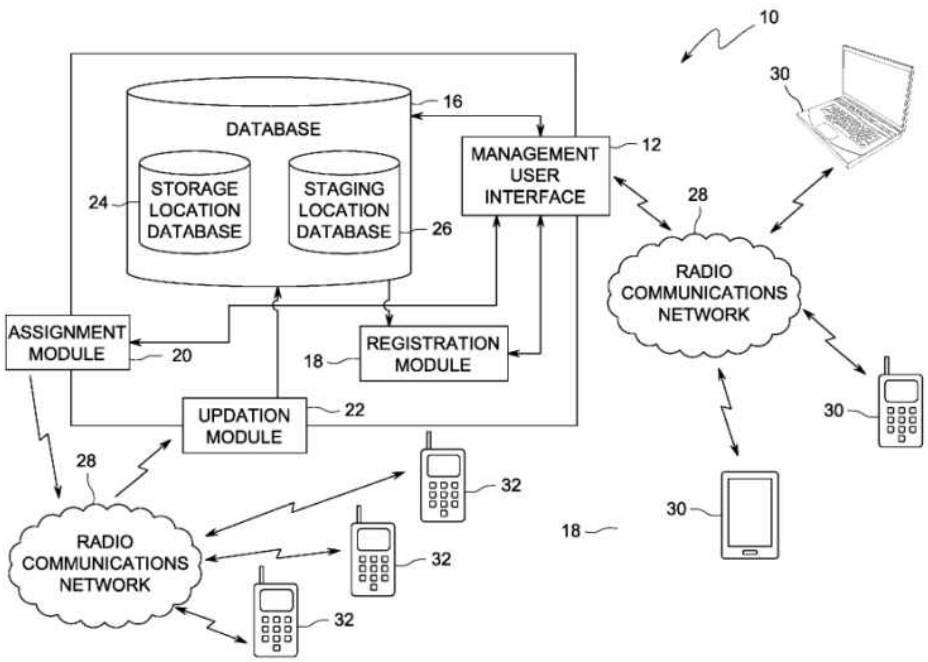
공보구분	KR	기술분류	LM기반 컨테이너 이송시스템
출원번호	KR102017000026227	출원일자	2017.02.28
공개번호		공개일자	
등록번호	KR10001767385B1	등록일자	2017.08.07
출원인	한국해양과학기술원		
발명의 명칭	순환식 이송구조를 갖는 컨테이너 검색 시스템		
요 약	본 발명은 순환식 이송구조를 갖는 컨테이너 검색 시스템에 관한 것으로서, 검사대상 컨테이너를 향해 방사선을 조사하는 방사선조사부와, 방사선 조사부와 대향되게 설치되어 컨테이너를 통과한 방사선을 검출하는 검출부와, 검사대상 컨테이너를 탑재한 차량을 탑승하여 방사선 조사부와 상기 검출부 사이에 형성된 검색로를 따라 주행하는 이송대차 및 이송대차가 상기 검색로를 순환할 수 있도록 형성된 순환궤도부와, 검사대상 컨테이너를 탑재한 차량이 이송대차에 탑승 또는 하차시 이송대차가 순환궤도부에 대해 고정상태를 유지할 수 있도록 순환궤도부상에 이송대차를 순환궤도부에 대해 고정 또는 고정해제할 수 있게 설치된 이송대차 고정부를 구비한다. 이러한 컨테이너 검색 시스템에 의하면, 방사선 검색구간에서 선형모터방식으로 이송대차를 이송할 수 있으면서 차량의 탑승 및 하차가 고정상태에서 안정적으로 이루어져 양질의 방사선 검색영상을 얻기 위한 제어가 효율적으로 이루어질 수 있는 장점을 제공한다.		
대표도면			

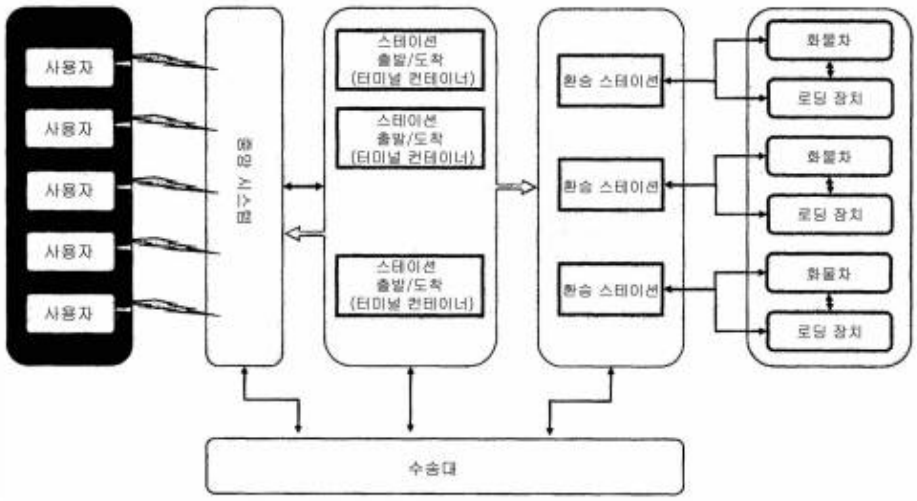
공보구분	KR	기술분류	LM기반 컨테이너 이송시스템
출원번호	KR102014000073538	출원일자	2014.06.17
공개번호	KR102015000144572 A	공개일자	2015.12.28
등록번호	KR10001597541B1	등록일자	2016.02.19
출원인	한국철도기술연구원		
발명의 명칭	화물이송장치		
요 약	본 발명은 현수차량의 위치가 검출될 수 있는 2상2열 리니어 모터 추진시스템을 갖는 화물이송장치에 관한 것으로, 화물 하역 지점에서 보관 지점까지 이어지며 가이드레일이 양측에 형성되는 수송라인을 포함하는 교각부와, 가이드레일을 따라 이동되는 선형 베어링부와, 선형 베어링부에 의하여 하중이 지지되며 저면에 구비되는 화물리프터를 포함하는 현수차량;과, 상기 현수차량에 길이방향으로 2열로 마련되어 자계를 발생시키는 계자부와, 자계부에 대응되도록 상기 가이드트랙에 2열로 마련되어 자계부와의 상호작용으로 현수차량의 추진력을 발생시키는 전기자부를 포함하는 구동부; 및, 상기 현수차량에서 상기 가이드트랙의 저면과 대향되는 면에 마련되는 제2계자부와, 가이드트랙의 저면에 설치되어 제2계자부의 계자자속에 의해 유기된 기전력을 검출시키는 서치코일부와, 상기 서치코일부에서 검출된 신호를 수신하여 상기 현수차량의 위치를 결정하는 제어부를 포함하는 위치검출부;를 포함하여, 차륜 휠로 현수차량의 하중이 지지되는 경우보다 하중이 분산되고, 축하중이 감소되며, 곡선부에서 소음이 저감되고, 실시간 위치제어가 가능하게 되어 최소한의 중량으로 높은 토크 및 제어력을 발휘할 수 있는 화물이송장치를 제공하고자 한다.		
대표도면			

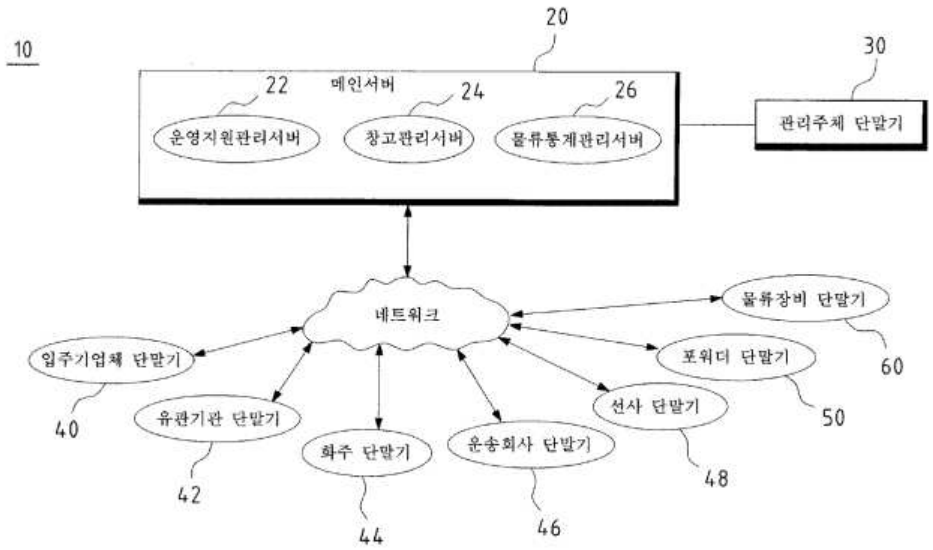
공보구분	KR	기술분류	LM기반 컨테이너 이송시스템
출원번호	KR102011000013632	출원일자	2011.02.16
공개번호	KR102012000094251 A	공개일자	2012.08.24
등록번호	KR10001254975B1	등록일자	2013.04.10
출원인	재단법인 포항산업과학연구원		
발명의 명칭	튜브운송시스템용 궤도		
요 약	본 발명은 튜브운송시스템용 궤도에 관한 것이며, 상세하게는 차량이 외부환경에 영향을 받지 않고 화물운송을 하게끔 지하에 설치된 튜브형 터널에 서 차량이 운행되도록 하는 튜브운송시스템용 궤도에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 튜브운송시스템용 궤도는 지하에 설치된 튜브형 터널에 구비된 궤도프레임; 궤도프레임에 설치되어, 차량에 전자기력을 제공하여 차량이 추진가능하도록 제공된 리니어모터; 리니어모터의 양측에서 궤도프레임에 설치되어, 차량에 구비된 차량휠을 지지토록 제공된 평판형 레일; 및 궤도프레임의 하부에 구비되어, 리니어모터로 전력을 공급토록 제공된 전력공급부를 포함하며,상기 궤도프레임에는 상기 전력공급부와 연계되고 상기 리니어모터가 삽입되어 안착되도록 형성된 안착부가 구비되고, 상기 안착부에서 상기 리니어모터가 상기 전력공급부에 플러그 결합되는 것이 바람직하다.		
대표도면			

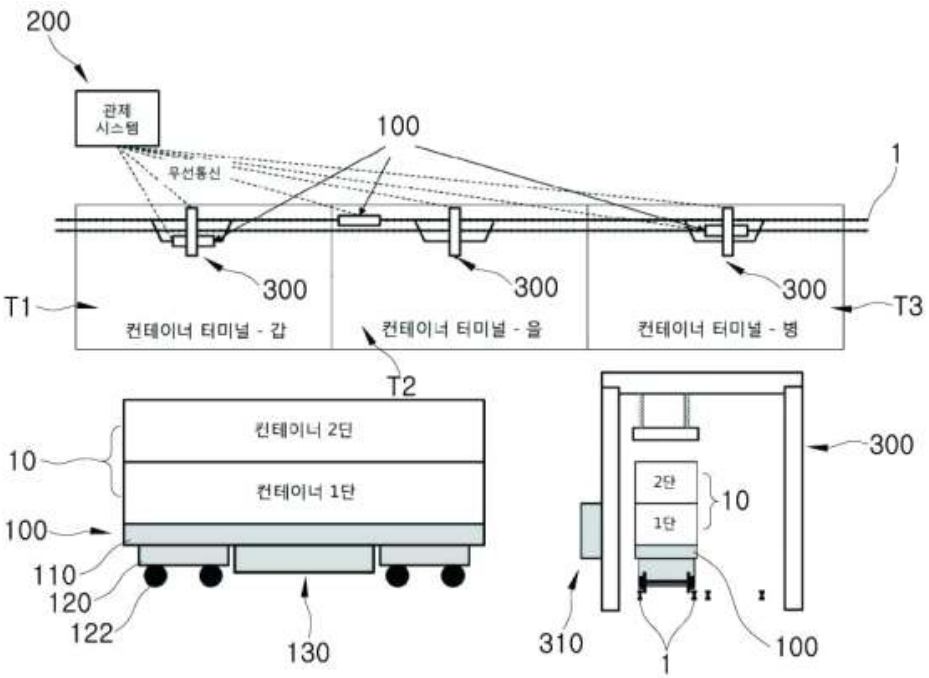
공보구분	US	기술분류	LM기반 컨테이너 이송시스템
출원번호	US100000100875021	출원일자	2004.06.22
공개번호		공개일자	
등록번호	US007654203B2	등록일자	2010.02.02
출원인	The Texas A&M University System		
패밀리	CA20062571479A1_20060119 ¦ CA20062826729A1_20060119 ¦ CA20132571479C_20131119 ¦ CN101193786A_20080604 ¦ CN101193786B_20130213 ¦ EP001768882A1_20070404 ¦ EP001768882A4_20071024 ¦ EP002551165A1_20130130 ¦ EP002551165B1_20140813 ¦ ES20152527399T3_20150123 ¦ MX2007PA06015261A_20070326 ¦ US2005000279241A1_20051222 ¦ US2010000199877A1_20100812 ¦ WO2006000007181A1_20060119		
발명의 명칭	Freight transportation system and method		
요 약	According to one embodiment of the invention, a freight transportation system includes a track comprising a pair of rails and a linear motor reaction plate disposed between the rails and a transport vehicle having a universal intermodal container bay configured to accommodate a plurality of containers. The transport vehicle includes one or more suspension systems each having a plurality of steel wheels engaged with the rails. The freight transportation system further includes a linear induction propulsion system coupled to the transport vehicle and operable to work in conjunction with the linear motor reaction plate to move the transport vehicle, and a control system coupled to the linear induction propulsion system and operable to control the movement of the transport vehicle.		
대표도면			

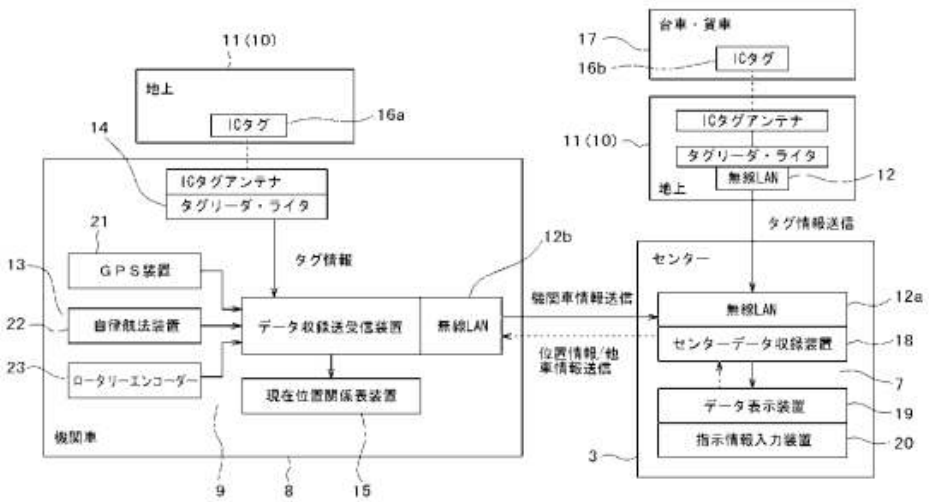
공보구분	US	기술분류	LM기반 컨테이너 이송시스템
출원번호	US100000090650331	출원일자	2000.08.29
공개번호		공개일자	
등록번호	US006418857B1	등록일자	2002.07.16
출원인	Secretary of Agency of Industrial Science and Technology		
패밀리	CN100191183C_20050302 ¦ CN100287961A_20010321 ¦ EP001080982A1_20010307 ¦ JP003094104B1_20001003 ¦ JP2001000063556A_20010313		
발명의 명칭	Superconductive magnetic levitation transportation system		
요 약	A transportation system with high-efficiency and large-capacity utilizing potential energy. A transportation vehicle travels at a high speed by potential energy by a level difference on a magnetic levitation guide disposed in a vacuum transportation passage to transport transportation cargoes to a destination location. The transportation vehicle is levitated on the magnetic levitation guide non-contactingly and with a low frictional resistance utilizing a superconduction. Superconductive magnetic levitation holds the transportation vehicle at a stable floated position mainly utilizing a binding force by the pinning effect of a superconductor.		
대표도면			

공보구분	US	기술분류	네트워크 기반 통합제어시스템
출원번호	US100000140191577	출원일자	2014.02.27
공개번호	US2015000239685A1	공개일자	2015.08.27
등록번호		등록일자	
출원인	Qodebox Inc		
발명의 명칭	Computer-implented container terminal management system and method		
요 약	Disclosed is a computer-implemented system for managing a container terminal. The system comprises a database listing the plurality of identified shipping containers stacked at various identified storage locations within the container terminal, an assignment module for ordering a shipping container to be moved from a staging location to a storage location within a container terminal, the shipping container represented by the identification code thereof, a jockey device for verifying whether or not the shipping container is moved to the ordered storage location, the verification device comprising a scanner for scanning the identification code on a shipping container moved to a storage location assigned thereto, the code scanned at the storage location, and a GPS Receiver for receiving the GPS coordinates thereof during the scanning, and an updation module for, upon successful verification, updating the database accordingly.		
대표도면			

공보구분	KR	기술분류	네트워크 기반 통합제어시스템
출원번호	KR102015007002650	출원일자	2013.07.01
공개번호	KR102015000036302A	공개일자	2015.04.07
등록번호		등록일자	
출원인	CO.EL.DA. Software Srl		
패밀리	AU20152013282700A1_20150129 ¦ AU20152013282700A2_20150205 ¦ CA20142877818A1_20140103 ¦ CN104583053A_20150429 ¦ EP002874861A2_20150527 ¦ JP2015000530301A_20151015 ¦ MX20152015000059A_20150622 ¦ MX2016340797B_20160727 ¦ US009434398B2_20160906 ¦ US2015000191186A1_20150709 ¦ WO2014000002077A2_20140103 ¦ WO2014000002077A3_20140619		
발명의 명칭	수송대 자동 구성을 갖는 철도 운송 시스템		
요 약	본 특허는 현존 네트워크 기반설비를 채용함으로써 열차 구성의 상태와 열차의 순서 모두를 자동화함으로써 철도 상의 새로운 운송 시스템을 형성한다. 본 특허의 요지는 작업자의 개입없이 연결/해제를 허용하도록, 자동 방식으로 로딩/언로딩 컨테이너의 작동을 실행 및/또는 수송대 안으로 통합화 및/또는 형성하도록 “스마트“ 열차의 조작의 실행을 정렬하고 명령할 수 있는 통신의 완전한 하드웨어 및 소프트웨어의 실현이다.		
대표도면			

공보구분	KR	기술분류	네트워크 기반 통합제어시스템
출원번호	KR102008000108012	출원일자	2008.10.31
공개번호	KR102010000048729A	공개일자	2010.05.11
등록번호		등록일자	
출원인	부산항만공사		
발명의 명칭	항만배후단지 물류정보 관리 시스템 및 방법		
요 약	본 발명은 항만배후단지 입주기업체에 대한 통합적인 물류 처리 및 관리 프로세스를 제공하여 항만배후단지의 입주기업체에서 필요로 하는 물류정보를 편리하게 제공받고 관리할 수 있도록 하여 항만배후단지에서의 물류업무에 대한 편의를 극대화할 수 있는 항만배후단지 물류정보 관리 시스템 및 방법을 제공한다. 이와 같은 본 발명의 항만배후단지 물류정보 관리 시스템 및 방법은 관세청, 세관과 같은 유관기관 시스템 및 입주기업체 시스템과 연계되도록 구성되는 관리주체(부산항만공사와 같은 관리업체)의 메인서버를 통해 자동화, 통합화 및 표준화된 물류 처리 및 관리 프로세스를 제공하여 항만배후단지에서 진행되는 항만, 선사, 화주 및 이용자간 물류의 입출, 흐름, 통계(현황) 등의 제반 업무를 효과적으로 처리할 수 있도록 하므로써, 항만배후단지 내에서 이루어지는 물류처리과정에서 발생되는 물류비를 절감하고, 효율적인 물류처리가 이루어지도록 하여 항만배후단지의 입주기업체에 대한 서비스를 극대화하도록 한다.		
대표도면			

공보구분	KR	기술분류	네트워크 기반 통합제어시스템
출원번호	KR102012000103047	출원일자	2012.09.17
공개번호	KR102014000036673 A	공개일자	2014.03.26
등록번호	KR10001400804B1	등록일자	2014.05.22
출원인	한국철도기술연구원		
발명의 명칭	항만에서 무선통신을 통해 자동 운행하는 궤도식 컨테이너 자동 환적장치		
요 약	본 발명은 항만에서 무선통신을 통해 자동 운행하는 궤도식 컨테이너 자동 환적장치에 관한 것으로; 항만의 컨테이너 터미널 간에 구비되는 궤도를 따라 운행하는 궤도식 컨테이너 자동 환적장치를 포함하여 이루어지는 항만에서 무선통신을 통해 자동 운행하는 궤도식 컨테이너 자동 환적장치에 있어서, 상기 궤도식 컨테이너 자동 환적장치는 차체 하부에 궤도를 따라 이동가능한 차륜이 구비되는 대차가 구비되고, 상기 차체에 구비되어 관제시스템으로부터 운행명령이 무선으로 수신되면 운행을 제어하는 운행제어장치가 구비되는 것을 특징으로 한다. 본 발명에 따르면, 항만 내 다수의 터미널간 환적을 처리하기 위해 궤도를 따라 운행하는 궤도식 컨테이너 자동 환적장치를 적용함으로써 기존의 야드 트랙터 또는 로드 트랙터라고 하는 개별적인 트럭들이 도로상을 운행함에 따라 발생하는 교통혼잡을 감소할 수 있고, 이에 따라 효율적인 시간 사용이 가능하다.		
대표도면			

공보구분	JP	기술분류	네트워크 기반 통합제어시스템
출원번호	JP102008000275445	출원일자	2008.10.27
공개번호	JP2010000100239A	공개일자	2010.05.06
등록번호		등록일자	
출원인	Sumitomo Metal Logistics Service		
발명의 명칭	화물 터미널역등의 구내에 있어서의 궤도 차량 동정 관리 시스템		
요 약	PROBLEM TO BE SOLVED: To solve a problem of a conventional vehicle operation management system using GPS, wherein a device for navigation is installed for each track vehicle and thus the system cost becomes very high if similar constitution is adopted for many bogies and freight cars in addition to a plurality of locomotives. SOLUTION: A system for managing motion status of a track vehicle in a yard of a freight terminal station etc. is configured with a center side management apparatus 7, a mobile side management apparatus 9 installed for each locomotive 8, and an IC tag reading apparatus 11 installed at each of a plurality of check points 10 set along intra-yard wiring 1, as elements with communication enabled to each other, wherein the mobile side management apparatus is equipped with a navigation means 13 capable of performing heteronomous navigation based on the GPS and autonomous navigation having a map matching function, an IC tag reading means 14, and a display means, an IC tag 16a readable by the IC tag reading means is installed at each check point, and an IC tag 16b readable by the IC tag reading apparatus is installed on each bogie-freight car 17.		
대표도면			

제 4 절 소결론

1. 기술개발 추이

○ 관련 논문발행은 지속적으로 증가하고 있고, 논문 발행기관들의 국가는 영국, 미국, 네덜란스 순으로 발행되었으나, 주요 논문 저자는 홍콩, 싱가폴 국적이 높게 나타났으며, 상위 10위에 한국인 저자도 1명이 포함되어 있음. TOP 15는 미국인과 중국인이며 일본과 한국인 저자는 순위에 없으며, 운송 관련 저널인 Transportation research part E-logistics and transportation review, Transportation research record, European journal of operational research에 주로 실리고 있음

○ 관련 특허출원은 90년대 중반부터 서서히 증가하여 등락을 반복하며 매년 20건 내외 특허출원이 유지되고 있고, 특히, 일본이 90년대 출원을 주도한 이후, 한국과 미국이 최근 출원을 주도하고 있으나, 전반적으로 출원량이 미미한 상황으로 관련 기술의 특허출원이 본격적으로 발생하지 않은 초기 단계인 것으로 분석됨

○ 본 과제 관련 기술 특허비중은 일본과 한국에서 출원하고 있으나, 그 규모가 미미하고 상대적으로 논문의 발행수는 높게 나타나 기초연구단계의 연구개발이 논문의 성과로 나타나고 있는 것으로 파악되고, 기초연구개발이 이루어진 후 상용화와 관련된 응용연구적 성격의 특허출원이 향후 증가할 것으로 예상됨

2. 주요 연구기관 및 민간 기업 개발동향

○ 한국은 내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너 이송시스템 기술에서 일본, 미국, 유럽에 비해 학교와 연구기관의 출원비중이 상대적으로 높게 나타나 기초연구가 주로 이루어지고 있는 것으로 분석되고, 일본, 미국, 유럽은 기업에 의해 특허출원이 주도되고 있는 양상을 보이지만, 출원량은 미미한 수준임

○ 기술분야별로 물류운영최적화기술 분야가 특허출원비중이 가장 크게 차지하고 있는 가운데, 한국의 경우 네트워크 기반 통합 제어시스템 기술분야가 타국가에 비해 높게 나타나 통신기술을 적용한 IT 융합 분야의 연구가 상대적으로 높게 이루어지고 있는 것으로 보이고, 일본과 미국은 물류운영과 관련한 원격제어, 모니터링 기술과 관련한 연구비중이 높게 나타나며, 유럽은 리니어 모터 관련 기술의 특허비중이 상대적으로 높음

○ 미국, 유럽은 특허 출원보다 논문 발행에 집중하고 있는 것으로 분석되어 해당 분야의 기초연구에 집중하고 있는 것으로 파악되고, 홍콩, 싱가폴 저자의 논문이 큰 비중을 차지하고 있는 점을 고려하면, 본 보고서에는 중국특허에 대한 조사가 이루어지지 않았지만 본 과제 연구 시 중국특허에 대한 분석이 반드시 이루어져야할 필요가 있는 것으로 판단됨

제 4 장 기술 수요조사 및 연구과제 선정

제 1 절 분석 개요

1. 조사 개요

① 조사 목적

○ ‘내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너 이송시스템 기술개발’ 과제 적용 분야 및 물류교통 관련 기관, 산업계에서 필요로 하는 기술요구사항 파악

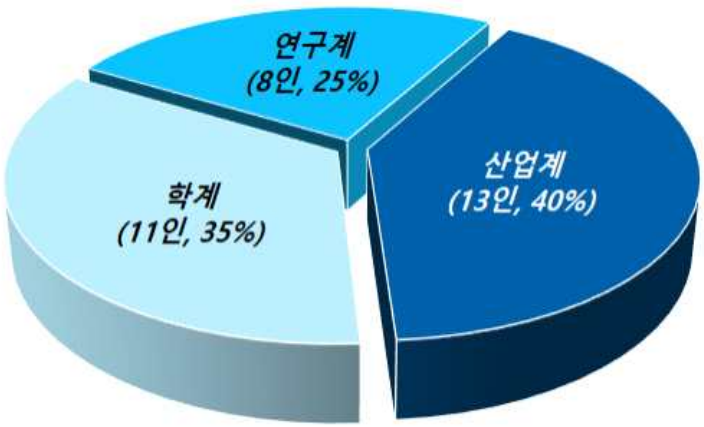
② 조사 기간

○ 2017년 11월 1일(수) ~ 11월 10일(금), 10일간

③ 조사 대상

○ 철도, 항공/항만 등 물류교통 관련 산학연 전문가 32인을 대상으로 방문 또는 온라인을 통한 설문조사 실시

- 전체 조사 대상 전문가 중 산학연 비율은 산업계 40%(13인), 학계 35%(11인), 연구계 25%(8인)인 것으로 조사
- 산학연 전문가 중 상대적으로 기술 활용률이 높고 시장 수요에 민감한 산업계 전문가의 비율을 높게 설정



<그림 4-1> 조사 대상 산학연 비율

④ 조사 절차 및 내용

○ (조사 절차) 적합 대상자 선정 및 수요조사 실시, 결과 분석, 제안과제 도출 등 4단계로 구성



<그림 4-2> 조사 절차

○ (조사내용 및 질의형태) 기술의 중요성, 필요성 등 기술 일반사항 및 연구과제 방향, 개발효과, 기대효과/파급효과 등 제안과제에 대한 질의 수행

<표 4-1> 주요 조사내용 및 질의형태

구분	주요 내용
기술 일반사항	1. 산업기술 분야에서의 업무수행 분야 2. 해당 기술의 중요성 3. 해당 기술 및 유사기술의 활용 여부 4. 기술 개발 필요성 5. 연구 시급성 6. 시스템 성능요구사항 주요 항목 7. 기술 개발 시 핵심 성능요구사항 8. 개발 시 문제점 및 이유 9. 기대효과
과제 제안	10. 연구 과제(기술)명 11. 연구 목표 12. 연구 결과물 13. 국내 기술개발 효과 14. 정부지원의 필요성 15. 민간부문과의 역할분담 16. 기대효과 및 파급효과 17. 예산 및 기간

2. 조사 결과 분석

① 산업기술 분야에서의 업무수행 분야

○ IoT OS, SW/HW, 원천기술 개발 등 R&D를 포함하여 철도 정책 연구, 시험/인증/검사, 제조업 등 다양한 분야의 전문가가 참여한 것으로 조사

- 철도, 항공/항만, 전기차, 로봇 등 다양한 분야에서의 알고리즘 연구 및 기술개발 전문가 포함
- 물류 정책 및 철도산업, 항만물류 등 분야의 정책 업무수행 전문가 포함

(시사점) 본 R&D 기획 사업의 특성을 감안하여 다양한 산업기술 전문가를 대상으로 수요조사를 수행함으로써 조사 결과의 신뢰성 및 타당성을 확보

② 해당 기술의 중요성

○ 응답자의 97%가 해당 기술의 중요성이 높다고 응답하였으며, 탄소 배출 저감, 운송 효율 향상, 비용절감 등을 주요 이유로 언급

- 친환경화, 운송 효율화 향상, 업무 생산성 증대, 비용 절감, 물류 사고 예방, IT기술과의 접목 용이성 제고, 안전성 확보 등 이유 언급

(시사점) 환경오염 절감, 안전사고 예방 등 사회적 이슈와 지능화·자동화 추세에 따른 산업적 이슈를 고려하여 응답자 중 97% 이상이 본 기술 개발이 중요하다고 응답

③ 해당 기술 및 유사 기술 업무활용 여부

○ 총 32인의 응답자 중 26인이 해당 기술 또는 유사 기술을 업무에 활용하지 않는 것으로 조사됨에 따라 업무활용성이 다소 떨어지는 것으로 분석

※ 응답자 중 약 81%가 해당 기술 또는 유사 기술을 현재 업무에 활용하지 않는 것으로 조사

- 업무 시 활용 내용 조사 결과, 전기물류차 개발 및 컨테이너 적재 시스템 및 IoT 기기 제어 시스템 연구 시 주로 활용하는 것으로 조사

(시사점) 관련 기술의 현재 업무 활용성이 낮은 것으로 조사되었는데 이는 현재 국내에서 관련 부분의 R&D 및 기술 적용이 미흡하기 때문으로 분석됨

④ 해당 기술 개발 필요성

○ 총 32인의 응답자 중 30인이 해당 기술의 개발이 필요하다고 응답

※ 조사 대상 중 약 94%가 해당 기술 개발 필요성이 높다고 응답
- 본 기술의 중요성과 함께 개발 필요성 또한 상당히 높은 것으로 조사

(시사점) 약 94% 이상의 응답자가 개발이 필요하다고 응답함에 따라, 본 기술이 향후 관련 산업에서 높은 수요를 창출할 수 있을 것으로 기대

⑤ 해당 기술 연구 분야의 시급성(중복응답 고려)

○ 응답 결과, 『운영 최적화 기술』, 『컨테이너 이송 기술』, 『통합제어 시스템 기술』, 『타 시스템과의 연계기술』 개발이 시급한 것으로 조사

※ 『운영 최적화 기술』에 16인, 『LM 기반 컨테이너 이송 시스템 기술』에 15인, 『네트워크 기반 통합제어 시스템 기술』에 16인, 『타 운송시스템과의 연계기술』에 15인이 응답

○ 그 외 『시스템 통합 및 최적화』, 『시스템 안정화 및 신뢰성 확보』를 위한 연구는 상대적으로 시급성이 낮은 것으로 조사

(시사점) 시스템의 통합 및 안정성/신뢰성 확보를 위한 연구에 앞서 실질적으로 기술을 구현하기 위한 기술 개발 연구가 보다 시급한 상황



<그림 4-3> 시급 연구 분야

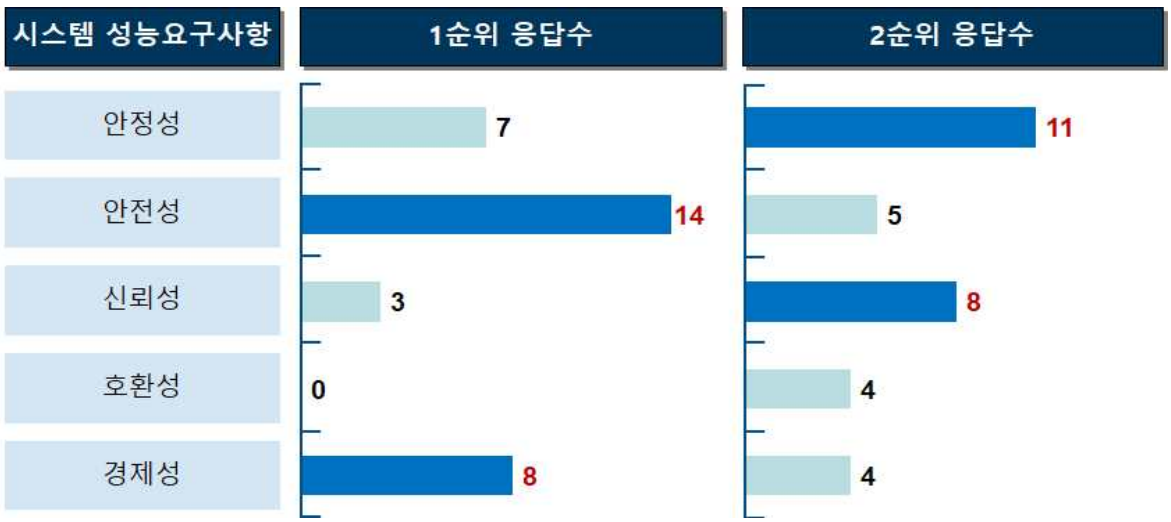
⑥ 시스템 성능요구사항 주요 항목(우선순위 고려)

○ 시스템의 성능요구사항 중 주요 항목에 대한 응답 결과, 안정성 및 안전성, 경제성 등 항목이 시스템이 우선적으로 갖춰야할 요구사항인 것으로 조사

※ 각 항목별로 1순위부터 5순위까지 우선순위를 표현한 응답 결과 중 1순위와 2순위에 대한 응답수 만을 고려하여 분석

○ 안정성, 안전성, 신뢰성, 경제성 항목의 중요도에 비해 호환성은 상대적으로 중요성이 낮은 시스템 요구항목인 것으로 조사

(시사점) 시스템의 통합 및 안정성/신뢰성 확보를 위한 연구에 앞서 실질적으로 기술을 구현하기 위한 기술 개발 연구가 보다 시급한 상황



<그림 4-4> 시스템 성능요구사항 주요 항목

⑦ 기술 개발 시 핵심 성능요구사항

○ 기술 개발 시 핵심적으로 고려해야할 성능요구사항 조사 결과, 물류 처리속도의 향상이 가장 중요한 요구사항인 것으로 응답

※ 총 32인의 응답자 중 19인(약 60%)이 물류 처리속도 향상을 기술 개발 시 필요한 핵심 성능 요구사항으로 선택

○ 응답 결과, 물류 수송량 확대(4인), 에너지 소모 저감(4인), 선적 정확도(2인), 사고율 저감(2인), 토지 용적률 향상(1인)은 상대적으로 낮은 요구사항인 것으로 조사

(시사점) 본 기술과 관련하여 물류 처리속도가 가장 시급한 문제점인 것으로 예상되며, 물류 처리 속도 향상을 위한 기술 개발이 우선적으로 필요



<그림 4-5> 기술 개발 시 핵심 성능요구사항

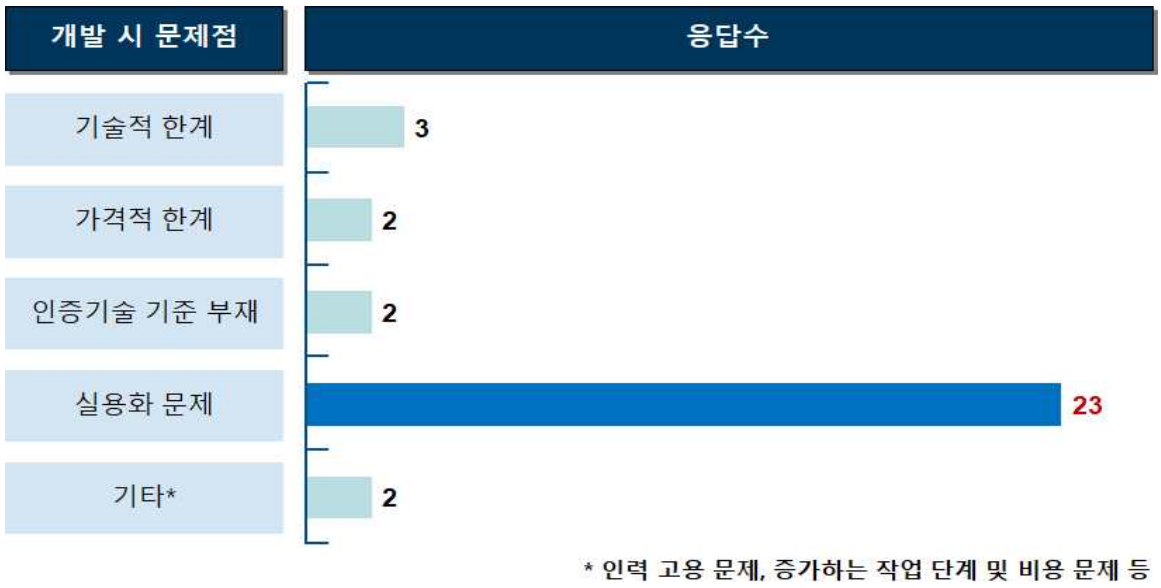
⑧ 개발 시 문제점 및 이유

○ (문제점) 기술의 실용화 문제가 가장 핵심적인 문제점으로 조사되었으며, 기술적/가격적 한계, 인증기준 부재 측면의 문제점은 크지 않은 것으로 조사

※ 총 응답자 32인 중 23인(약 71%)이 기술 실용화 문제를 개발 시 주요 문제점으로 선택

- 기술적 한계(3인), 가격적 한계(2인), 인증기준 부재(2인) 등은 상대적으로 작은 문제점으로 조사되었으며, 소수 기타 문제점*에 대한 의견 제시

※ 인력고용 문제, 작업 단계의 세분화 문제, 비용 문제 등



<그림 4-6> 기술 개발 시 주요 문제점

○ (이유) 기술 개발을 위한 기술력을 보유하고 있으나 향후 시장가치, 규제, 투자 등 다양한 측면에서의 한계로 인해 실용화가 쉽지 않을 것으로 예상

- 주요 이유로서 기술 실효성 입증을 위한 분석사례 미흡, 활성화를 위한 인증체계 미흡, 자본 투자 미흡, 신기술 도입에 대한 베타적 정서 등 언급
- 성공적인 실용화를 위해 구체적인 로드맵 및 홍보전략 수립, 신기술 도입에 대한 인식 변화, 규제·제도 개선, 인증체계 구축 등이 필요할 것으로 예상

<표 4-2> 기술 개발 시 문제점에 대한 주요 이유

구분	주요 내용
기술적 한계	- 이송 시스템에 적합한 최적화 기술력 미흡
인증기술 기준 부재	- 인증관련 체계 구축 수준이 미흡함에 따라 시스템 신뢰성 및 안정성 수준을 보장하기 어려운 상황
실용화 문제	- 본 기술에 대한 테스트베드 운영 등 검증·실증 단계의 연구 사례가 미흡함에 따라 실용화가 어려운 상황 - 새로운 기술의 도입에 대한 배타적 정서가 존재함에 따라 신기술의 안전한 정착 및 보급이 어려운 상황 - 운영 신뢰성 및 안전성 확보를 위해 필요한 관련 제도의 미흡 및 기관의 부재 등 문제로 인해 실용화가 어려운 상황

(시사점) 본 기술 개발 시 문제점을 해결하기 위해 실용화 측면에 초점을 맞춰야 하며, 충분한 검증 연구 수행 및 신기술 도입을 통한 이점에 대한 홍보전략 수립, 관련 제도의 개선 등이 필요할 것으로 예상

⑨ 기대효과

○ 본 기술 활용 시 기대효과에 대한 주요 응답으로, 환경오염 저감, 기술 경쟁력 수준 제고, 물류효율 증대, 비용 절감, 이송시간 절감, 신수요 창출 등 언급

- (기술·인프라) 관련 기술 분야의 국가 경쟁력 제고, 물류효율 향상 등
- (시장·환경) 탄소배출 저감을 통한 친환경화, 비용 절감, 신수요 창출 등
- (사회) 물류 사고로 인한 안전사고 경감, 물류 이송시간 절감, 철도 물류 산업 활성화, 국가의 첨단 물류 이미지 제고 등

(시사점) 본 기술의 활용 시 기술·인프라, 시장·환경, 사회 등 측면에서 환경오염 저감, 물류효율 향상, 안전사고 경감 등 다양한 기대효과가 있을 것으로 예상

3. 제안과제 도출

① 기술수요조사 결과, 총 25개의 관련 기술 개발이 필요한 것으로 조사

○ 충돌 방지, 지능정보기술(AI, IoT, BigData 등) 활용, 연계성 제고, 시스템 최적화, 물류의 효과적인 이송 및 적재 등을 위한 다양한 제안과제 도출

<표 4-3> 기술수요조사의 제안과제 리스트 (가나다순)

구분	제안과제 (25개)
1	AI 기반 항만-항만배후단지 간 일괄 연계이송 시스템 구축
2	BigData 기반 친환경 컨테이너 이송시스템 운영 기술 연구
3	IoT 기반의 지능형 컨테이너 위치 인식 및 충돌 방지를 위한 제어 시스템 개발
4	IoT・AI, 블록체인 기술의 연계로 컨테이너 이송시스템의 효율적인 기술개발
5	LM 적용 컨테이너 무인 이송을 위한 섹션전환 및 궤도 인터페이스 기술
6	리니어 추진시스템 개발
7	물류 이송 차량의 위치 인식 및 충돌 방지 시스템 개발
8	물류기지 내 상하역 시스템 연계기술 개발
9	배후 물류단지 내 입체적(다층) 적재 및 이송 시스템 개발
10	액화가스 수송용 고압 탱크 컨테이너 이송을 위한 프로세스 개발 및 위험성 평가
11	이송 차량의 위치와 충돌을 예방하기 위한 관제 시스템
12	이송시스템 차상에너지 급전 기술
13	이송시스템의 신뢰성 검증 및 운용/유지보수 체계 기술 개발
14	지능형 정밀 운송 시스템
15	최적 적층위치 알고리즘 개발 및 시스템화
16	친환경 컨테이너 이송시스템 구동용 선형유도전동기 적용 추진시스템 기술 개발
17	컨테이너 다중 경로 생성 및 최적 경로 선정기술
18	컨테이너 위치 추적시스템의 최적화를 위한 물류관제방안에 관한 연구
19	컨테이너 이송시스템 운영 안정화 및 신뢰성 확보를 위한 결함진단 기술개발
20	컨테이너 이송시스템 운영 최적화를 위한 정밀 제어 기술 개발
21	컨테이너 이송시스템 주요장치(전원부/전동기/동력전달부)의 예방진단시스템 개발
22	컨테이너 이송시스템 추진용 선형 전동기 기술 개발
23	컨테이너 이송시스템용 LM 구동 제어 시스템 기술 개발
24	컨테이너 이송시스템의 리니어모터 및 전력변환장치 성능 평가 및 고장 진단
25	컨테이너 자동 분류 및 적재 시스템 개발

제 2 절 기술예측 조사

1. 조사 개요

① 조사 목적

○ 수요조사 결과 도출된 제안기술을 대상으로, 후보과제 선정을 위한 검증 및 기술 실현시기, 국내 기술수준 등 정보 수집

- 기술의 실현시기, 기술수준 등 기술특성의 변화속도를 분석하는 기술예측평가를 통해 본 기획기술의 추진전략을 수립하기 위한 기초자료 확보

② 조사 대상 및 기간

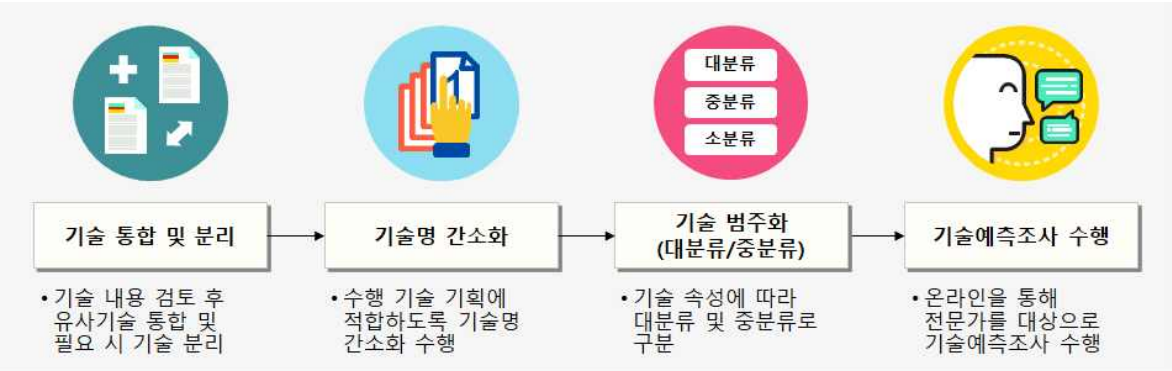
○ (조사 대상) 철도, 항공/항만 등 물류교통 관련 산학연 전문가 16인

○ (조사 기간) 2018년 1월 5일(금) ~ 1월 12일(금), 8일간

③ 수행 절차

○ 제안기술 검토를 통해 기술예측조사 대상기술을 선정하고, 관련 전문가 대상 기술예측조사 수행을 통해 최종 후보기술 도출

- 연구진 내부 기술 분석을 통해 제안기술 간 연관성 정도를 파악하여 유사·중복기술을 통합하거나 분리
- 제안기술의 범주화를 통해 대분류와 중분류로 구분하고, 중분류를 기준으로 기술예측조사 수행
- 온라인 설문을 통해 전문가를 대상으로 대상기술에 대한 기술예측조사 수행



<그림 4-7> 기술예측조사 수행 절차

④ 조사 지표

○ 적절한 예측 결과 도출을 위해 전문도, 중요도, 기술 성숙도, 기술실현 예측시기 등 핵심 항목으로 구성된 평가지표를 활용하여 조사 수행

〈표 4-4〉 기술예측조사 평가항목

조사 항목	내용
전문도	응답자의 해당 분야(기술)에 대한 기술적 전문도
중요도	해당 기술이 관련 기술, 사회경제 등 시장의 발전에 미치는 영향 정도
기술 성숙도	해당 기술의 기술 성숙도를 TRL 기준으로 기초연구(1~2단계), 실험(3~4단계), 시작품(5~6단계), 실용화(7~8단계), 사업화(9단계) 등 5단계로 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
장애요인	해당기술을 실현하는데 장애가 되는 요인을 모두 선택

⑤ 조사 내용

○ 중요도, 기술실현 예측시기, 최고기술보유국, 국내기술 수준, 기술획득 방식 등 항목을 중심으로 예측조사 실시

- (중요도) 과학기술・사회공공・경제산업적 측면에서의 중요성 수준 조사

〈표4-5〉 중요도조사 세부항목

세부 항목	내용
과학기술적 중요도	과학기술적 혁신이나 새로운 지식의 창출 측면의 중요도
사회공공적 중요도	사회문제의 해결 및 공익 측면의 중요도
경제산업적 중요도	경제산업적 부가가치 창출 측면의 중요도

- (기술실현 예측시기) 해당 예측기술의 기술적 문제가 해결되어 프로토타입 등 기술개발이 실험실 수준에서 완료되는 예상시점(Single Point Time)
- (최고기술보유국) 해당기술 분야에서 가장 높은 기술 수준을 보유한 국가
- (국내기술 수준) 해당 예측기술명의 특정시점에서의 최고기술보유국 대비 우리나라의 기술 수준(%)을 조사
- (기술획득 방식) 해당 예측기술의 개발을 위한 적합한 조사항목 선정

※ 국제공동연구 및 기술도입, 민간정부협력, 정부주도, 민간주도 방식 중 적합 기술획득 방식 선정

<표 4-6> 기술획득방식조사 세부항목

세부 항목	내용
국제공동연구 및 기술도입	국내 개발 역량이 미흡한 경우, 해외 우수 기술의 도입을 통하여 비용을 크게 절감 가능
민간정부협력	정부와 민간이 매칭 펀드 또는 역할분담을 통하여 공동으로 개발 및 추진하는 경우
정부주도	기술의 공공성이 강하거나 민간의 역량이 부족하여 기초 단계 연구개발이 필요한 경우, 정부출연 또는 기관을 중심으로 정부가 주도
민간주도	기술이 사업에 직접 적용될 수 있거나 민간의 역량이 우수하여 민간이 주도하는 경우

2. 대상기술 선정

① 선정 개요

○ 기술 수요조사를 통해 도출된 총 25개의 제안기술을 바탕으로, 유사성・연관성 분석을 거쳐 18개의 기술 예측조사 대상기술 선정

○ 내부 전문가 검토를 통해 기술 속성 및 내용에 따라 ① 통합 및 분리, ② 기술명 간소화, ③ 대분류 추가

② 제안 기술 검토 결과

○ 제안 기술 내용을 검토하여 유사기술을 통합하고, 필요 시 기술 분리 수행

<표 4-7> 제안과제 통합/분류 결과

제안 번호	제안과제명	구분	변경 과제명
2	BigData 기반 친환경 컨테이너 이송시스템 운영 기술 연구	통합	물류 이송 운영 및 관리 최적화 기술
17	컨테이너 다중 경로 생성 및 최적 경로 선정기술		
21	컨테이너 이송시스템 주요장치 (전원부/전동기/ 동력전달부)의 예방진단시스템 개발	통합	물류 이송 통합 과제 진단 및 모니터링 기술
13	이송시스템의 신뢰성 검증 및 운용/유지보수 체계 기술 개발		
5	LM 적용 컨테이너 무인 이송을 위한 섹션전환 및 궤도 인터페이스 기술	통합	이송시스템 추진용 LM 설계 기술
22	컨테이너 이송시스템 추진용 선형 전동기 기술 개발		
16	친환경 컨테이너 이송시스템 구동용 선형유도전동기 적용 추진시스템 기술 개발	분리	이송시스템 추진용 LM 설계 기술
6	리니어 추진시스템 개발		이송시스템 추진용 LM 제어 기술
3	IoT 기반의 지능형 컨테이너 위치 인식 및 충돌 방지를 위한 제어 시스템 개발	분리	센서 퓨전 기반 이송차량 위치인식 기술
			이송차량 간 상호 충돌방지 시스템
25	컨테이너 자동 분류 및 적재 시스템 개발	통합	적재 최적화 기술
15	최적 적층위치 알고리즘 개발 및 시스템화		
4	IoT・AI, 블록체인 기술의 연계로 컨테이너 이송시스템의 효율적인 기술개발	통합	블록체인 기반 물류 이동정보 추적 기술
18	컨테이너 위치 추적시스템의 최적화를 위한 물류관제방안에 관한 연구		

○ 수행 기술 기획에 적합하도록 기술명을 명확하게 간소화

<표 4-8> 제안과제명 간소화 결과

제안 번호	제안과제명	변경 과제명
1	AI 기반 항만-항만배후단지 간 일괄 연계이송 시스템 구축	내륙-항만 물류 시스템 통합 연계 기술
7	물류 이송 차량의 위치 인식 및 충돌 방지 시스템 개발	이송차량 간 상호 충돌방지 시스템
8	물류기지 내 상하역 시스템 연계기술 개발	상하역 시스템 연계기술
9	배후 물류단지 내 입체적(다층) 적재 및 이송 시스템 개발	입체적(다층) 적재 기술
10	액화가스 수송용 고압 탱크 컨테이너 이송을 위한 프로세스 개발 및 위험성 평가	위험 물질 이송 기술
11	이송 차량의 위치와 충돌을 예방하기 위한 관제 시스템	이송차량과 통합관제 시스템과의 통신 기술
14	지능형 정밀 운송 시스템	이송차량 제어 기술
19	컨테이너 이송시스템 운영 안정화 및 신뢰성 확보를 위한 결함진단 기술개발	물류 이송 시스템 안정화 기술
20	컨테이너 이송시스템 운영 최적화를 위한 정밀 제어 기술 개발	물류 이송 통합 관제 기술
23	컨테이너 이송시스템용 LM 구동 제어 시스템 기술 개발	이송시스템 추진용 LM 제어 기술
24	컨테이너 이송시스템의 리니어모터 및 전력변환장치 성능 평가 및 고장 진단	이송시스템 추진용 성능평가 기술

③ 기술예측조사 대상기술 리스트

○ 제안기술 검토를 통해 다음과 같이 최종 기술예측조사 대상기술 리스트를 선정하고, 기술 속성에 따라 대분류를 추가

〈표 4-9〉 기술예측조사 대상기술 리스트

대분류	중분류
물류 운영 최적화 기술 분야 (4)	물류 이송 운영 및 관리 최적화 기술
	물류 이송 통합 관제 진단 및 모니터링 기술
	물류 이송 통합 관제 기술
	물류 이송 시스템 안정화 기술
LM 기반 컨테이너 이송 시스템 기술 분야 (5)	이송시스템 추진용 LM 설계 기술
	이송시스템 추진용 LM 제어 기술
	이송시스템 추진용 성능평가 기술
	이송시스템 차상에너지 급전 기술
	위험 물질 이송 기술
네트워크 기반 통합제어 시스템 기술 분야 (4)	센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술
	이송차량 간 상호 충돌방지 시스템
	이송차량과 통합관제 시스템과의 통신 기술
	이송차량 제어 기술
믈류단지 내 상하역 및 적재 기술 분야 (3)	상하역 시스템 연계기술
	입체적(다층) 적재 기술
	적재 최적화 기술
물류 통합 연계 시스템 기술 분야 (2)	블록체인 기반 물류 이동정보 추적 기술
	내륙-항만 물류 시스템 통합 연계 기술

3. 조사 결과 분석

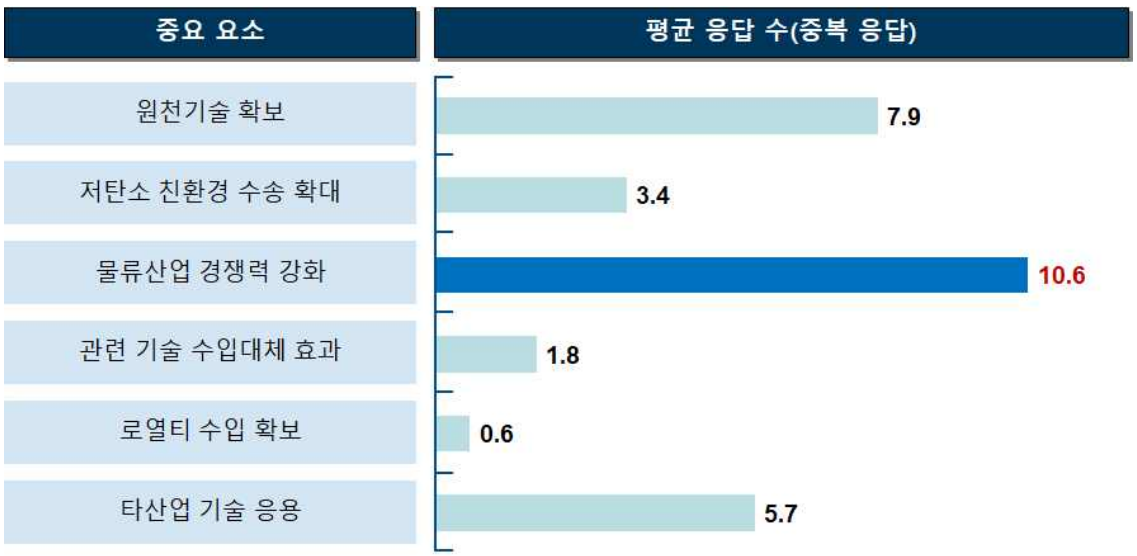
① 기술 및 사회·경제 발전에 미치는 요소의 중요도(중복응답 고려)

○ 응답 결과, 물류산업 경쟁력 강화, 원천기술 확보 등이 기술 및 사회·경제 발전에 영향을 미치는 주요 요인인 것으로 조사

- 『물류산업 경쟁력 강화』가 1순위였으며 『원천기술 확보』, 『타산업 기술 응용』이 각각 2순위, 3순위로 조사

○ 반면, 로열티 수입 확보, 관련 기술의 수입대체 효과, 저탄소 친환경 수송 확대 등은 상대적으로 적은 영향을 미치는 요인으로 조사

(시사점) 물류 분야 컨테이너 이송 연구에 대한 국내 시장의 형성이 아직 미흡한 단계임에 따라 원천기술의 우선적인 확보, 물류산업 내에서의 경쟁력 제고 등이 주요 요인으로 분석



<그림 4-8> 기술 및 사회·경제 발전에 미치는 요소의 중요도

② 기술성숙도 수준(TRL 단계 기준)

• 1점 : 기초연구(1~2단계)	• 2점 : 실험(3~4단계)	• 3점 : 시작품(5~6단계)
• 4점 : 실용화(7~8단계)	• 5점 : 사업화(9단계)	

* 총 9단계의 TRL 기준을 적용하여 5점 척도로 환산

○ 기술성숙도 수준 응답 결과, 5점 중 평균 2.7점으로 조사됨에 따라 현재 국내 물류 단지 컨테이너 이송 연구 수준이 실험 및 시작품 제작 단계인 것으로 조사



<그림 4-9> 기술성숙도 수준(TRL 기준)

○ 기술별 기술성숙도를 분석한 결과, 『센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술』의 기술성숙도 수준이 가장 높은 것으로 조사

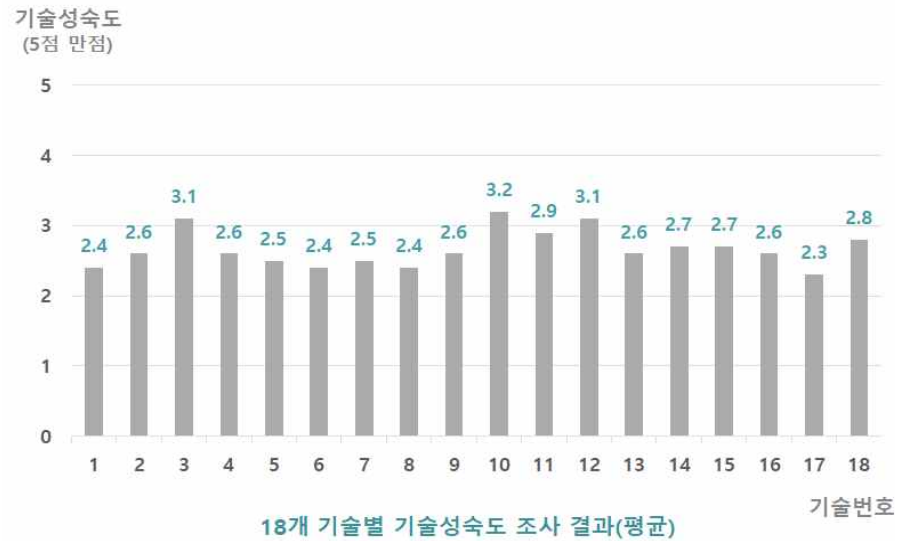
※ 『센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술(3.2/5.0)』, 『물류 이송 통합 관제 기술 및 이송차량과 통합관제 시스템과의 통신 기술(3.1/5.0)』 순으로 기술성숙도 수준이 높은 것으로 조사

- 국내는 센서, 통신 등 기술 기반의 『네트워크 기반 통합제어 시스템 기술 분야』에서 상대적으로 높은 기술성숙도를 보이는 것으로 분석
- 반면, 『블록체인 기반 물류 이동정보 추적 기술(2.3/5.0)』에서 가장 낮은 성숙도를 보임에 따라 신기술에 대한 선제적 대응이 미흡한 것으로 예상

(시사점) 5점 중 2.7점(실험 및 시작품 제작 단계)으로 조사됨에 따라 현재 국내 관련 기술 분야는 아직 초기 성장단계인 것으로 해석이 가능하며 센서, 통신 등 네트워크 기반 기술의 성숙도가 상대적으로 높음에 따라 이를 적극 활용한 집중 연구가 필요할 것으로 예상

<표 4-10> 기술별 기술성숙도 조사 결과(표)

기술 번호	대분류	기술명	기술성숙도 (5점 만점)
1	물류 운영 최적화 기술 분야	물류 이송 운영 및 관리 최적화 기술	2.4
2		물류 이송 통합 관제 진단 및 모니터링 기술	2.6
3		**물류 이송 통합 관제 기술**	**3.1**
4		물류 이송 시스템 안정화 기술	2.6
5	LM 기반 컨테이너 이송 시스템 기술 분야	이송시스템 추진용 LM 설계 기술	2.5
6		이송시스템 추진용 LM 제어 기술	2.4
7		이송시스템 추진용 성능평가 기술	2.5
8		이송시스템 차상에너지 급전 기술	2.4
9		위험 물질 이송 기술	2.6
10	**네트워크 기반 통합제어 시스템 기술 분야**	**센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술**	**3.2**
11		이송차량 간 상호 충돌방지 시스템	2.9
12		**이송차량과 통합관제 시스템과의 통신 기술**	**3.1**
13		이송차량 제어 기술	2.6
14	물류단지 내 상하역 및 적재 기술 분야	상하역 시스템 연계기술	2.7
15		입체적(다층) 적재 기술	2.7
16		적재 최적화 기술	2.6
17	물류 통합 연계 시스템 기술 분야	블록체인 기반 물류 이동정보 추적 기술	2.3
18		내륙-항만 물류 시스템 통합 연계 기술	2.8



<그림 4-10> 기술별 기술성숙도 조사 결과(그래프)

③ 기술 예상 실현 시기

○ 응답 결과, 평균 2023년에 기술 실현이 가능할 것으로 조사됨에 따라, 현재 관련 기술력에 대한 국내 수준은 다소 미흡한 것으로 분석 가능

○ 또한, 연도별 기술 실현 가능한 기술의 개수를 분석해본 결과, 총 18개의 기술 중 '22년까지 4개, '23년까지 11개, '24년까지 3개의 기술이 실현될 것으로 예상

※ 기술별 실현 시기에 대한 응답정보를 활용

(시사점) 현재 국내 기술수준은 해외 주요국 대비 다소 더딘 상황이며 향후 4~7년 사이에 주요 기술들의 실현이 예상됨에 따라 기술 상용화 및 제품화를 위한 체계적인 R&D 계획수립이 필요할 것으로 예상



<그림 4-11> 연도별 평균 기술 실현 시기 응답 분포

<표 4-11> 기술별 기술 실현 예측 조사 결과

기술번호	기술명	기술실현 예측시기 결과(평균)
1	물류 이송 운영 및 관리 최적화 기술	2023년
2	물류 이송 통합 관제 진단 및 모니터링 기술	2023년
3	물류 이송 통합 관제 기술	2022년
4	물류 이송 시스템 안정화 기술	2023년
5	이송시스템 추진용 LM 설계 기술	2023년
6	이송시스템 추진용 LM 제어 기술	2023년

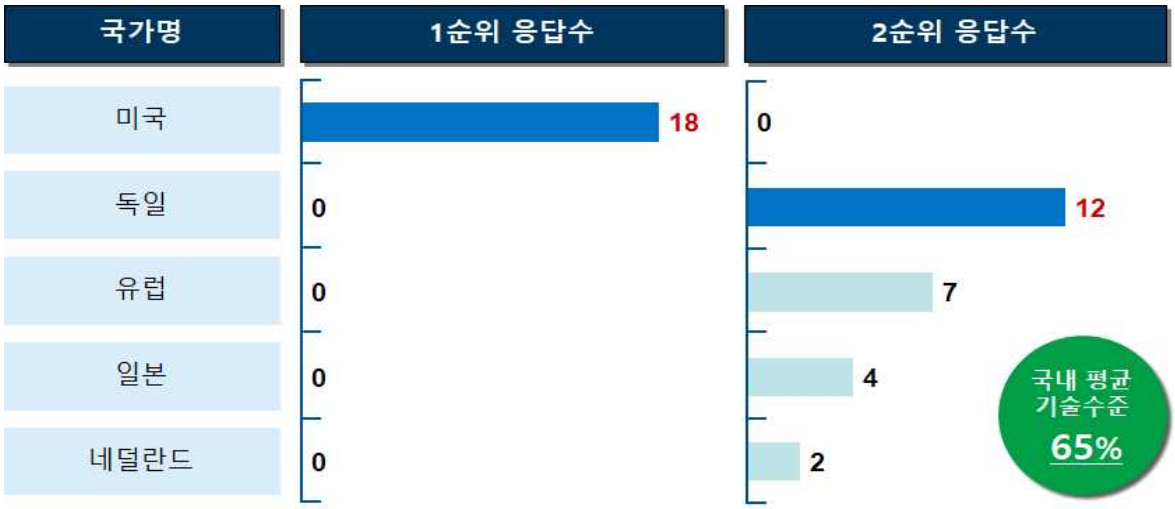
기술번호	기술명	기술실현 예측시기 결과(평균)
7	이송시스템 추진용 성능평가 기술	2023년
8	이송시스템 차상에너지 급전 기술	2024년
9	위험 물질 이송 기술	2024년
10	센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술	2022년
11	이송차량 간 상호 충돌방지 시스템	2023년
12	이송차량과 통합관제 시스템과의 통신 기술	2022년
13	이송차량 제어 기술	2023년
14	상하역 시스템 연계기술	2024년
15	입체적(다층) 적재 기술	2022년
16	적재 최적화 기술	2023년
17	블록체인 기반 물류 이동정보 추적 기술	2023년
18	내륙-항만 물류 시스템 통합 연계 기술	2023년

④ 최고기술 보유국 및 대비 국내 기술 수준(중복응답 고려)

○ 최고기술수준을 보유한 국가는 1순위에서 미국, 2순위에서 독일로 응답되었으며, 최고기술보유국 대비 국내 평균 기술수준은 65%인 것으로 조사

※ 기술별 1순위/2순위에 대한 응답수를 기준으로 1순위/2순위 별 가장 빈도가 높은 국가 선정

- 1순위 응답에서는 18개의 모든 기술 분야에서 미국이 선택됨에 따라 관련 기술에 대한 최고의 기술력을 보유한 국가인 것으로 조사
- 2순위 응답에서는 12개의 기술 분야에서 독일이 선택됨에 따라 미국을 제외한 가장 높은 기술력을 보유한 국가로 조사
- 또한, 국내 기술수준은 최고기술보유국 대비 65% 수준인 것으로 조사됨에 따라 다소 미흡한 것으로 분석



<그림 4-12> 최고기술 보유국 및 국내 기술 수준

○ 기술별 최고기술보유국 및 국내 기술수준 분석 결과, 국내의 경우 센서·통신 관련 기술에 대한 수준이 상대적으로 높은 것으로 조사

- 최고기술보유국 대비 국내 기술수준이 가장 높은 기술은 『센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술』인 것으로 조사(국내 기술수준 75%)

※ 반면, 『위험 물질 이송 기술』에 대한 최고기술보유국 대비 국내 기술수준은 18개의 기술 중 가장 낮은 수준인 58%로 조사

- 해외의 경우 유럽은 『네트워크 기반 통합제어 시스템 기술』 분야, 일본은 『물류 통합 연계 시스템 기술』 분야에서 높은 기술경쟁력을 보이는 것으로 조사

(시사점) 국내는 최고기술보유국 대비 낮은 격차를 보이는 센서 및 통신 기반 기술에 대한 집중 투자 및 연구를 바탕으로 물류 분야 컨테이너 이송 연구 인프라 확대를 위한 노력 필요

<표 4-12> 기술별 최고기술 보유국 및 국내 기술 수준

기술 번호	대분류	기술명	최고기술보유국		국내 기술수준 (평균)
			1순위	2순위	
1	물류 운영 최적화 기술 분야	물류 이송 운영 및 관리 최적화 기술	미국	독일, 네덜란드	63 %
2		물류 이송 통합 관제 진단 및 모니터링 기술	미국	독일	67 %
3		물류 이송 통합 관제 기술	미국	독일	64 %
4		물류 이송 시스템 안정화 기술	미국	독일	65 %
5	LM 기반 컨테이너 이송 시스템 기술 분야	이송시스템 추진용 LM 설계 기술	미국	독일	65 %
6		이송시스템 추진용 LM 제어 기술	미국	독일,일본	60 %
7		이송시스템 추진용 성능평가 기술	미국	독일	64 %
8		이송시스템 차상에너지 급전 기술	미국	독일	62 %
9		위험 물질 이송 기술	미국	독일,유럽	58 %
10	네트워크 기반 통합제어 시스템 기술 분야	**센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술**	**미국**	**독일**	**75 %**
11		이송차량 간 상호 충돌방지 시스템	미국	유럽	66 %
12		**이송차량과 통합관제 시스템과의 통신 기술**	**미국**	**유럽**	**73 %**
13		이송차량 제어 기술	미국	유럽	61 %
14	물류단지 내 상하역 및 적재 기술 분야	상하역 시스템 연계기술	미국	독일,유럽, 일본,중국, 네덜란드	67 %
15		**입체적(다층) 적재 기술**	**미국**	**유럽**	**73 %**
16		적재 최적화 기술	미국	독일	65 %
17	물류 통합 연계 시스템 기술 분야	블록체인 기반 물류 이동정보 추적 기술	미국	일본	60 %
18		내륙-항만 물류 시스템 통합 연계 기술	미국	일본,유럽	65 %

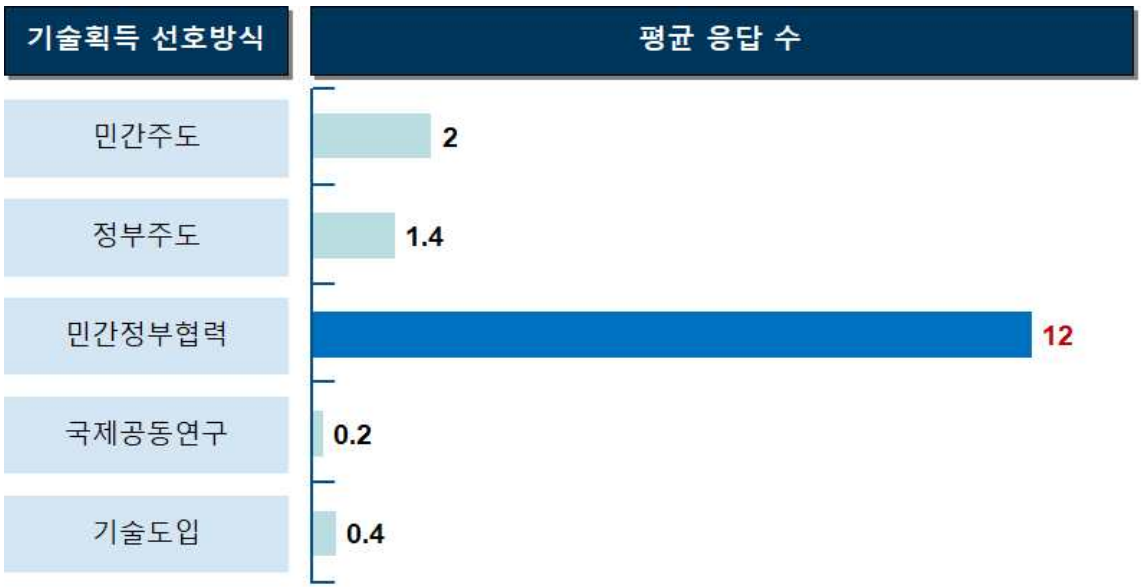
⑤ 기술획득 선호 방식

○ 기술획득 선호 방식에 대한 응답 결과, 총 16인의 전문가 중 12인(평균)이 민간정부의 협력을 통한 기술획득 방식을 선택

- 응답에 대한 평균치 결과, 총 16인의 전문가 중 75%인 12인이 민간정부와의 협력을 통한 기술획득 방식을 선택

○ 반면, 상대적으로 민간·정부의 개별 진행, 국제공동연구 및 외부기술도입을 통한 획득 방식의 선호도는 매우 낮은 것으로 조사

(시사점) 기술적·경제적 애로사항을 빈번하게 겪는 민간영역(기업)과 실제 산업영역의 경험이 상대적으로 부족하여 적합한 산업 니즈 발굴이 어려운 정부영역(공공연구기관)의 협력을 통한 기술획득 추진 필요



<그림 4-13> 기술획득 선호 방식

⑥ 기술 실현 시 예상 장애요인(중복응답 고려)

○ 기술 실현 시 발생 가능한 장애요인에 대한 응답 결과, 경제성, 상용화, 제도/표준화에 대한 이슈가 가장 주요한 우려사항인 것으로 조사

- 『경제성』과 『상용화』, 『제도/표준화』, 『기술적 한계』 요인이 모두 유사한 응답 결과를 보이며 주요한 장애요인인 것으로 분석
- 이 중에서도 『경제성』이 가장 주요한 장애요인으로 조사됨에 따라 개발한 기술 및 제품/ 시스템에 대한 수요 발굴·확산의 높은 중요성 예측 가능

○ 반면, 인력 부족에 대한 이슈는 상대적으로 낮은 장애요인인 것으로 조사

(시사점) 개발된 기술, 제품·시스템이 생활에 적용되고 상용화 및 확산을 통해 수요를 창출함으로써 관련 산업이 성장함에 따라 『경제성』, 『상용화』 등 요인의 중요성이 높은 것으로 분석 가능



<그림 4-14> 기술 실현 시 예상 장애요인

제 3 절 우선 순위 조사

1. 조사 개요

① 조사 목적

○ 본 연구과제에 부합하는 기술의 기획 및 발굴을 위해 전략성과 기술성, 경제성과 파급성 등을 감안하여 우선적으로 연구·개발 되어야 할 기획 기술 선정

② 조사 대상 및 기간

○ (조사 대상) 철도, 항공/항만 등 물류교통 관련 산학연 전문가 7인

○ (조사 기간) 2018년 2월 9일(금) ~ 2월 16일(금), 8일간

③ 평가 지표

○ 우선순위 도출을 위해 본 연구과제의 특성을 감안하여 전략성, 기술성, 경제성, 파급성 등 4대 항목으로 평가지표 구성

- 4대 평가항목에 대해 각각 2개의 세부 평가지표로 구성

※ 대항목 및 소항목으로 구분된 평가항목을 바탕으로 쌍대비교 분석 수행

<표 4-13> 우선순위조사 평가지표

대항목	소항목	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 시급 정도
기술성	기술 실현성	현재 기술수준, 연구개발역량 등을 고려 시 해당 기술의 실현 가능성
	기술 우위성	해당 기술의 독창성 및 연구분야에의 기여 수준
경제성	사업화 가능성	해당 기술이 개발된 후 실제 물류단지에 도입되는 사업화 가능 정도
	수익성	해당 기술의 개발투자비 대비 수익 창출 정도
파급성	과학기술적 파급성	과학적 혁신이나 새로운 지식의 창출 측면에서의 기여도
	사회공공적 파급성	사회문제 해결 및 공익 측면에서의 기여도

④ 조사 방법 및 절차

○ (조사 방법) 후보기술의 우선순위를 도출하기 위해 최종 도출 후보기술에 대한 쌍대비교 분석 후 기술별 우선순위 분석 실시

- (1단계) R&D 기획을 위한 평가지표를 이용하여 가중치가 높은 항목에 대한 9점 척도 기반 쌍대비교 실시(AHP 기법)

※ AHP : 기술별 정확한 우선순위 판별을 위해 지표별 쌍대비교를 바탕으로 가중치를 적용하는 기법

- (2단계) 7점 척도 기준에 대한 후보기술별 우선순위 조사 수행

※ 7점 척도 기준 : 매우 크다(7점), 크다(6점), 다소 크다(5점), 보통(4점), 다소 작다(3점), 작다 (2점), 매우 작다(1점)

○ (조사 절차) 후보기술별 우선순위 응답 결과에 쌍대비교 기반 응답 결과로부터 도출된 가중치를 고려하여 기술별 최종 우선순위 도출

- (1단계) 쌍대비교 결과를 바탕으로 평가지표의 대항목 및 소항목에 대한 가중치 도출

※ 대항목 : 전략성, 기술성, 경제성, 파급성

※ 소항목 : 전략과의 부합성, 전략적 시급성, 기술 실현성, 기술 우위성, 사업화 가능성, 수익성, 과학기술적 파급성, 사회공공적 파급성

- (2단계) 후보기술별 우선순위 응답 결과에 1단계에서 도출된 가중치를 고려하여 평균값 계산

- (3단계) 후보기술을 대상으로 최종 우선순위 도출



<그림 4-15> 우선순위 분석 프로세스(예시)

⑤ 조사 대상 후보기술 리스트

○ 기술수요조사 및 기술예측조사를 통해 도출된 총 18개의 후보기술에 대한 우선순위 조사 수행

〈표 4-14〉 우선순위조사 후보기술 리스트

기술번호	후보기술 리스트 (18개)
1	물류 이송 운영 및 관리 최적화 기술
2	물류 이송 통합 관제 진단 및 모니터링 기술
3	물류 이송 통합 관제 기술
4	물류 이송 시스템 안정화 기술
5	이송시스템 추진용 LM 설계 기술
6	이송시스템 추진용 LM 제어 기술
7	이송시스템 추진용 성능평가 기술
8	이송시스템 차상에너지 급전 기술
9	위험 물질 이송 기술
10	센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술
11	이송차량 간 상호 충돌방지 시스템
12	이송차량과 통합관제 시스템과의 통신 기술
13	이송차량 제어 기술
14	상하역 시스템 연계기술
15	입체적(다층) 적재 기술
16	적재 최적화 기술
17	블록체인 기반 물류 이동정보 추적 기술
18	내륙-항만 물류 시스템 통합 연계 기술

2. 조사 결과

① 평가지표 가중치

○ 우선순위 평가항목별 가중치 분석 결과, “전략성”이 51.8%로 매우 높게 조사

- “전략성” 항목 이외에 “기술성”(25.7%), “경제성”(16.1%), “파급성”(6.4%) 항목 순으로 높은 가중치를 보이는 것으로 조사

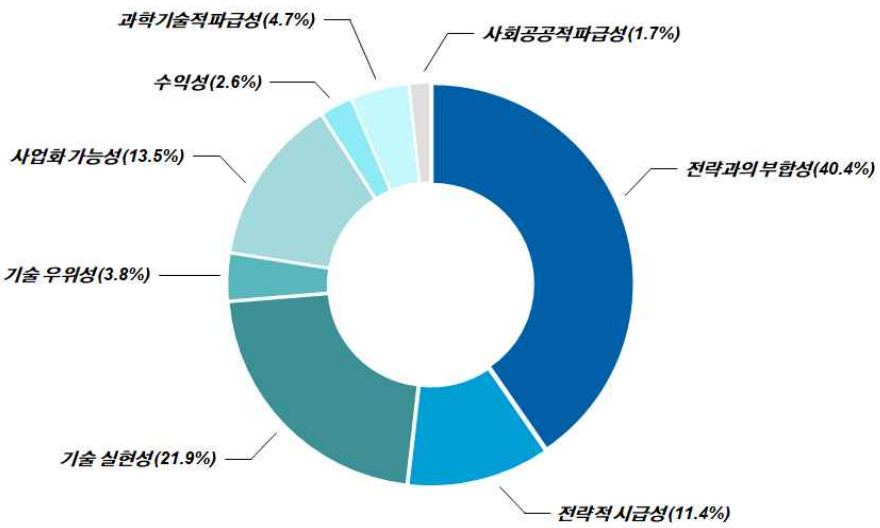
○ 세부 평가지표 중에서는 “전략성” 평가항목 내 “전략과의 부합성”이 40.4%로 가장 중요한 것으로 조사

- “전략과의 부합성” 평가지표 이외에 기술 실현성(21.9%), 사업화 가능성(13.5%) 지표 순으로 높은 가중치를 보이는 것으로 조사

(시사점) 조사 결과, 국내 경쟁력 확보를 위해 국가 차원의 전략 방향과의 부합성 및 해당분야 보유 기술역량 등을 고려한 기술 실현성이 주요 평가지표인 것으로 해석 가능

<표 4-15> 우선순위조사 평가지표 항목

평가항목	전략성		기술성		경제성		파급성		합계
평가지표	전략과의 부합성	전략적 시급성	기술 실현성	기술 우위성	사업화 가능성	수익성	과학기술적 파급성	사회공공적 파급성	
가중치	40.4%	11.4%	21.9%	3.8%	13.5%	2.6%	4.7%	1.7%	100%
소계	51.8%		25.7%		16.1%		6.4%		100%



<그림 4-16> 우선순위조사 평가지표별 가중치

② 우선순위 조사 결과

○ 18개 후보기술에 대한 평가지표별 절대평가(7점 척도) 점수에 평가지표별 가중치(AHP)를 반영하여 다음과 같이 최종 평가점수 및 순위를 도출

<표 4-16> 우선순위조사 평가지표별 평가점수 및 순위

평가지표 / 기술번호	전략성		기술성		경제성		파급성		결과	
	전략과의 부합성	전략적 시급성	기술 실현성	기술 우위성	사업화 가능성	수익성	과학기술적 파급성	사회공공적 파급성	합계	순위
1	2.7	0.7	1.3	0.2	0.7	0.2	0.2	0.1	6.1	1
2	1.9	0.6	1.3	0.2	0.7	0.1	0.2	0.1	5.0	11
3	2.3	0.6	1.3	0.2	0.7	0.1	0.2	0.1	5.5	4
4	2.0	0.6	1.1	0.2	0.7	0.1	0.2	0.1	4.9	12
5	2.4	0.7	1.4	0.2	0.9	0.1	0.3	0.1	6.0	2
6	2.3	0.7	1.4	0.2	0.9	0.2	0.3	0.1	5.9	3
7	2.1	0.6	1.2	0.2	0.7	0.1	0.3	0.1	5.3	6
8	2.0	0.5	1.2	0.2	0.7	0.1	0.3	0.1	5.1	9
9	1.8	0.5	1.1	0.2	0.6	0.1	0.2	0.1	4.6	14
10	2.1	0.6	1.3	0.2	0.7	0.1	0.3	0.1	5.4	5
11	2.0	0.6	1.3	0.2	0.7	0.1	0.3	0.1	5.2	8
12	1.9	0.5	1.3	0.2	0.7	0.1	0.2	0.1	5.1	10
13	2.1	0.6	1.3	0.2	0.7	0.1	0.2	0.1	5.3	7
14	2.0	0.5	1.1	0.2	0.6	0.1	0.2	0.1	4.8	13
15	1.7	0.5	1.1	0.2	0.6	0.1	0.2	0.1	4.4	16
16	1.7	0.5	1.1	0.2	0.5	0.1	0.2	0.1	4.3	17
17	1.5	0.4	0.9	0.1	0.5	0.1	0.2	0.1	3.8	18
18	1.8	0.5	1.0	0.1	0.5	0.1	0.2	0.1	4.4	15

○ 평가결과 5.0점 이상인 11개 후보기술을 최종 연구기술로 선정

<표 4-17> 최종 선정 연구기술 리스트

순위	기술 번호	선정 연구기술
1	1	물류 이송 운영 및 관리 최적화 기술
2	5	이송시스템 추진용 LM 설계 기술
3	6	이송시스템 추진용 LM 제어 기술
4	3	물류 이송 통합 관제 기술
5	10	센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술
6	7	이송시스템 추진용 성능평가 기술
7	13	이송차량 제어 기술
8	11	이송차량 간 상호 충돌방지 시스템
9	8	이송시스템 차상에너지 급전 기술
10	12	이송차량과 통합관제 시스템과의 통신 기술
11	2	물류 이송 통합 관제 진단 및 모니터링 기술

<표 4-18> 최종 선정 연구기술 상세 내용

기술 번호	대분류	선정 연구기술	기술개발 내용
1	물류 운영 최적화 기술 분야 (3)	물류 이송 운영 및 관리 최적화 기술	▪ 실시간 다중경로 생성기술 및 최적경로 선정기술, 차량 배치·배정 알고리즘 개발 ▪ 컨테이너 이송시스템 분석을 위한 센서 기기 배치 기술 및 고신뢰 정보 수집을 위한 기술, 저전력 이송시스템 제어 기술 개발
2		물류 이송 통합 관제 진단 및 모니터링 기술	▪ 이송시스템 운용/유지보수 최적화 SW 개발 ▪ 이송시스템 전원부, 전동기, 동력전달부 상태(운전데이터, 절연 등) 관제진단기술 알고리즘 및 감시 모듈 개발 ▪ 통합형 관제진단 및 모니터링 시스템 개발
3		물류 이송 통합 관제 기술	▪ 관제 센터 시범운영 및 관련 보안 기술 개발 ▪ 물류 실시간 최적 경로 선정 및 유지관리 기술 개발 ▪ 실시간 위치/상태 모니터링 및 관제 기술 개발

5	LM 기반 컨테이너 이송 시스템 기술 분야 (4)	이송시스템 추진용 LM 설계 기술	▪ 컨테이너 이송시스템 추진용 선형 전동기 최적 설계 기술 개발(HW, SW) ▪ 고출력밀도 차상 및 전기자 설계 기술 및 운전 알고리즘 제어 SW 개발
6		이송시스템 추진용 LM 제어 기술	▪ 친환경 컨테이너 운송시스템 내 LM 시스템 구동을 위해 고출력밀도 및 고효율을 가지는 고전압용 다단 구동 제어 시스템 HW/SW 구현 기술 개발 ▪ 선형 추진 장치 및 구동 시스템 개발
7		이송시스템 추진용 성능평가 기술	▪ 리니어모터 및 전력변환장치 고장진단 및 수명예측 기반 기술 개발 ▪ 고장진단 및 수명예측을 위한 성능평가 지표 및 기술 개발
8		이송시스템 차상에너지 급전 기술	▪ 비접촉 차상 급/집전시스템 설계 기술 개발 ▪ 차상 전원용 배터리 연계 전력변환장치 기술 개발
10	네트워크 기반 통합제어 시스템 기술 분야 (4)	센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술	▪ 컨테이너 위치 인식을 위한 센서 네트워크 기술 및 인공지능 알고리즘 개발 ▪ 통합제어시스템 구축
11		이송차량 간 상호 충돌방지 시스템	▪ 인공지능 기반 위치 인식 알고리즘 개발 ▪ 인공지능 기반 이송차량 충돌 방지 알고리즘 개발 ▪ 통합제어시스템 개발
12		이송차량과 통합관제 시스템과의 통신 기술	▪ 통신 프로토콜 설계 ▪ 무선 통신 보안 기술 개발 ▪ 이송 차량 위치 추적 시스템 개발
13		이송차량 제어 기술	▪ 고속 무진동 운송을 위한 알고리즘 및 기술 개발 ▪ 고속 무진동 운송 시스템 HW 개발

제 4 절 과제카드

<table>
<tr><td>제안기술명</td><td colspan="9">[과제 1] 물류 이송 운영 및 관리 최적화 기술</td></tr>
<tr><td>기술개발
목표</td><td colspan="9">▪ 시스템 최적화 연구를 통해 실시간 물류 운영·관리 체계 구축
▪ 센서 기반 다양한 상태 정보 수집 및 분석을 바탕으로 효율적인 이송 시스템 운영을 위한 기반 기술 연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 및 산업/시장동향</td><td colspan="9">▪ (기술) 유럽과 미국을 중심으로 친환경 물류 이송 및 관리를 위한 기술개발이 활발하게 진행되어 실용화 단계에 진입하고 있으나 국내는 높은 투자비용에 따라 현재 초기 연구 단계에 머물러 있는 상태</td></tr>
<tr><td colspan="9">▪ (산업/시장) 코레일은 운행 중 이례사항을 사전 예측 및 대비하고 빅데이터 기반의 정비주기 최적화 기술을 적용한 시스템을 활용 중</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="9">▪ 효율적인 컨테이너 이송을 위해서는 OD 기반 경로생성 및 실시간 배차·운영이 중요하나 국내의 경우 이에 대한 기술력이 부족한 상황
▪ 컨테이너 이송시스템의 효율적인 운영을 위해 운영 최적화 전략 수립 및 첨단화 기술 개발을 위한 적극 노력 필요</td></tr>
<tr><td>기술개발
내용</td><td colspan="9">▪ 실시간 다중경로 생성기술 및 최적경로 선정기술, 차량 배치·배정 알고리즘
▪ 컨테이너 이송시스템 분석을 위한 센서 기기 배치 기술 및 고신뢰 정보 수집을 위한 기술, 저전력 이송시스템 제어 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구 유형</td><td>기초/원천</td><td colspan="2">응용</td><td colspan="2">실용화</td><td colspan="2">사업화</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>( )</td><td colspan="2">(○)</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발단계
(TRL)</td><td>1
기초이론/실험</td><td>2
개념 정립</td><td>3
기본성능검증</td><td>4
핵심성능평가</td><td>5
시제품제작</td><td>6
시제품성능평가</td><td>7
시제품신뢰성 평가</td><td>8
시제품인증</td><td>9
사업화</td></tr>
<tr><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>(○)</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td>정부지원
타당성</td><td colspan="9">▪ 물류 이송 및 관리 최적화를 통한 물류비용절감과 관련 기술 경쟁력 확보를 위해서는 정부 차원의 지속적인 지원 필요
▪ 또한, 물류 시스템의 지능화 추세에 따라 지능정보기술(빅데이터) 연구 및 관련 기술 개발 촉진을 위한 정부의 노력 필수</td></tr>
<tr><td>과제 규모</td><td colspan="9">▪ (기간) 3년
▪ (비용) 6억</td></tr>
<tr><td>최종성과물</td><td colspan="9">▪ 물류 운영·관리 최적화를 위한 다중경로 생성 및 최적경로 선정 기술
▪ 저전력 친환경 컨테이너 이송시스템 운영 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">성과물 유형</td><td colspan="2">시제품</td><td colspan="2">S/W</td><td colspan="2">기준·지침</td><td colspan="2">정책제안</td><td>표준제안</td><td>기타</td></tr>
<tr><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">(○)</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td><td>( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td>활용 및 시장 경쟁력 확보 방안</td><td colspan="9">▪ 내륙기지뿐만 아니라 항만-내륙기지 간, 항만 내에서의 해당 기술 적용을 위한 연구 추진
▪ 관련 기술 산업 확산을 위해 다양한 유관 산업에의 빅데이터 기반 관제 시스템 기술 적용 연구 추진</td></tr>
<tr><td>기대효과</td><td colspan="9">▪ 체계적인 물류시스템 구축을 통한 물류 운송 효율성 제고
▪ 시스템 소모 전력량 최적화를 통한 물류 관련 비용 절감</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>제안기술명</td><td colspan="9">[과제 2] 물류 이송 시스템 진단 및 모니터링 기술</td></tr>
<tr><td>기술개발
목표</td><td colspan="9">▪ IoT, 인공지능, 빅데이터 등 지능정보기술을 활용한 고신뢰성 기반 컨테이너 이송 시스템 진단 및 모니터링 체계 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 및 산업
/시장동향</td><td colspan="9">▪ (기술) 네덜란드 로테르담항과 독일의 함부르크항의 경우 자동화된 AGV 및 자동제어 시스템 등의 구축을 통해 고생산성 친환경 자동화 물류터미널을 구축하여 운영하고 있음</td></tr>
<tr><td colspan="9">▪ (산업/시장) 차량 지능형 모니터링 세계시장 규모는 7.2조원/년으로 상태기반 유지보수시스템 구축을 위해 고장진단 및 예지기술(PHM : Prognostics and Health Management) 집중 연구·개발 중
▪ (산업/시장) 코레일은 IoT 기술을 활용하여 운행 중인 모든 열차를 실시간 모니터링하고, 상태기반 유지보수시스템(CBM, Condition Based Maintenance)을 구축하여 열차 안전 확보 및 정비성 강화를 추진</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="9">▪ 하역, 야드장치, 배후지까지의 이송, 연계작업 등 환적 시스템의 자동화를 통한 스마트 터미널 구축을 위해서는 운영비용절감, 생산성향상, 친환경 등을 고려한 지능형 관제진단 및 모니터링 시스템 개발 필요</td></tr>
<tr><td>기술개발
내용</td><td colspan="9">▪ 이송시스템의 실시간 신뢰성 평가 프로세스 모델링
▪ 이송시스템 운용/유지보수 최적화 SW 개발
▪ 이송시스템 운영 리스크 평가 기술 개발
▪ 통합형 진단 및 모니터링 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구 유형</td><td>기초/원천</td><td colspan="2">응용</td><td colspan="2">실용화</td><td colspan="2">사업화</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>( )</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">(○)</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발단계
(TRL)</td><td>1
기초이론
/실험</td><td>2
개념 정립</td><td>3
기본성능
검증</td><td>4
핵심
성능평가</td><td>5
시제품
제작</td><td>6
시제품
성능평가</td><td>7
시제품
신뢰성 평가</td><td>8
시제품
인증</td><td>9
사업화</td></tr>
<tr><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>(○)</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td>정부지원
타당성</td><td colspan="9">▪ 스마트 터미널 구축을 위한 컨테이너 이송 시스템의 안전성 및 효율성 향상을 위해서는 정부 차원의 연구 환경 조성 지원 필수</td></tr>
<tr><td>과제 규모</td><td colspan="9">▪ (기간) 4년
▪ (비용) 12억</td></tr>
<tr><td>최종성과물</td><td colspan="9">▪ 내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너 이송시스템의 신뢰성 검증 및 운용/유지보수 최적화 시스템
▪ 이송시스템 주요장치(전원부, 전동기, 동력전달부)에 대한 리스크 평가</td></tr>
<tr><td rowspan="2">성과물 유형</td><td>시제품</td><td colspan="2">S/W</td><td colspan="2">기준·지침</td><td colspan="2">정책제안</td><td colspan="2">표준제안</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>(○)</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td>활용 및 시장 경쟁력 확보 방안</td><td colspan="9">▪ 신뢰성 확보 및 유지보수 핵심 기술 개발을 위해 대학, 기관, 기업체 등 산학연의 다양한 이해관계자 참여를 통한 연구 추진
▪ 정부 차원의 관련 제도 개선을 통한 규제 완화</td></tr>
<tr><td>기대효과</td><td colspan="9">▪ 운영자·사용자의 안전 사고율 감소 및 첨단 안전설비 확보를 통한 국내 물류 산업의 높은 안전성에 대한 인식 확산
▪ 관제진단 및 모니터링 시스템 활용을 통해 예기치 못한 운영 중단으로 인한 손실 비용 최소화 및 운용/유지보수 비용 절감</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>제안기술명</td><td colspan="9">[과제 3] 물류 이송 통합 관제 기술</td></tr>
<tr><td>기술개발
목표</td><td colspan="9">▪ 이송 시스템의 상태 및 차량의 위치 정보 등 다양한 정보의 최적화를 바탕으로 종합적인 운영 효율화 향상을 위한 복합 관제시스템 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 및 산업/시장동향</td><td colspan="9">▪ (기술) 현재 국내에서 택시의 속도, 주행거리, 브레이크 신호의 감지, 주행거리 등 정보 및 지하철의 열차상태정보, 실시간 감시 및 원격제어 정보, 직접 안내방송 등 기능에 대한 통합 관제가 이뤄지고 있는 상황</td></tr>
<tr><td colspan="9">▪ (산업/시장) 국내에는 택시 정보의 통합 관제시스템인 서울택시정보시스템, 국내 경전철의 관제를 수행하는 Operation Control Center, 교통안전공단의 자율주행 통합관제 시스템인 K-CITY 통합관제시스템 등 존재</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="9">▪ 현재 물류 환경에서 실시간의 위치/상태 모니터링 및 진단이 미흡함에 따라 효율적인 물류 이송 및 관리가 이뤄지지 못하는 상황
▪ 차량 경로 최적화 및 실시간 위치/상태 모니터링·진단 기술 등 관제 기술의 개발·적용을 통한 선진국 수준의 관제 인프라 구축 필요</td></tr>
<tr><td>기술개발
내용</td><td colspan="9">▪ 이송 시스템 운영 효율성 평가 시뮬레이션 시스템 개발
▪ 센터기능 및 차량-인프라 요구사항 도출
▪ 실시간 최적 경로 선정 및 유지관리 기술 개발
▪ 실시간 위치/상태 모니터링 및 관제 기술 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구 유형</td><td colspan="2">기초/원천</td><td colspan="2">응용</td><td colspan="2">실용화</td><td colspan="2">사업화</td><td>기타</td></tr>
<tr><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">(○)</td><td colspan="2">( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발단계
(TRL)</td><td>1
기초이론/실험</td><td>2
개념 정립</td><td>3
기본성능검증</td><td>4
핵심성능평가</td><td>5
시제품제작</td><td>6
시제품성능평가</td><td>7
시제품신뢰성 평가</td><td>8
시제품인증</td><td>9
사업화</td></tr>
<tr><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>(○)</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td>정부지원
타당성</td><td colspan="9">▪ 개발 시스템의 안전한 활용 및 사고에 대한 사전 대비책 마련 등을 위해 인증 방안 수립을 위한 정부 차원의 노력 필요</td></tr>
<tr><td>과제 규모</td><td colspan="9">▪ (기간) 4년
▪ (비용) 14억</td></tr>
<tr><td>최종성과물</td><td colspan="9">▪ 컨테이너 이송시스템 운용 최적화를 위한 물류 이송 통합관제시스템</td></tr>
<tr><td rowspan="2">성과물 유형</td><td colspan="2">시제품</td><td colspan="2">S/W</td><td colspan="2">기준·지침</td><td colspan="2">정책제안</td><td>표준제안</td><td>기타</td></tr>
<tr><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">(○)</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td><td>( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td>활용 및 시장 경쟁력 확보 방안</td><td colspan="9">▪ 최적화 평가 및 관리, 모니터링 및 진단 기술에 대한 성능평가·인증을 위한 연구 추진 및 방안 마련
▪ 정부·민간의 적극적인 테스트베드 지원 및 활용을 통한 연구 및 실용화 기술 개발 추진</td></tr>
<tr><td>기대효과</td><td colspan="9">▪ 교통혼잡 비용, 교통사고 등 안전사고 등 측면에서의 경제적 비용 절감
▪ 물류 최적화 관제시스템의 타 산업 적용·확산을 바탕으로 국가 차원의 최첨단 관제 산업 경쟁력 제고</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>제안기술명</td><td colspan="9">[과제 4] 이송시스템 추진용 120kW급 LM 설계 기술</td></tr>
<tr><td>기술개발
목표</td><td colspan="9">▪ 지상 차량들의 이동을 위한 인프라의 구현 없이 물류기지를 위한 부지의 효율적 사용이 가능한 추진용 120kW급 LM 기반 설계 기술 연구</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 및 산업/시장동향</td><td colspan="9">▪ (기술) 한국철도기술연구원은 중저속 및 초고속차량용으로 다양한 용량의 리니어모터 설계 기술을 개발하였으며, 세계최고 기술수준 대비 상대적 수준 80%(중저속 차량용 LIM, 초고속 차량용 LSM)</td></tr>
<tr><td colspan="9">▪ (산업/시장) 국내 선형전동기 시장은 국산 개발 업체인 저스텍, 세우산전 등이 삼성전자 등 대기업의 대량수요 시장을 활용하여 성장하고 있으나, 교통물류 분야는 한정된 시장을 바탕으로 성장에 한계가 존재</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="9">▪ 친환경 컨테이너 자동이송시스템의 상용화를 바탕으로 첨단 물류국가로 성장하기 위해서는 LM 설계 기술에 대한 지속적인 연구 필요
▪ 신 물류시스템 개발 및 관련 산업으로의 파급력이 높은 LM 설계 기술의 특성에 따라 국가 물류기술 경쟁력 제고를 위한 적극적인 기술개발 필요</td></tr>
<tr><td>기술개발
내용</td><td colspan="9">▪ 컨테이너 이송시스템 추진용 120kW급 선형전동기 최적 설계 기술 개발(HW/SW)
▪ 고출력밀도 차상/전기자 설계 기술 및 운전 알고리즘 제어 SW 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구 유형</td><td>기초/원천</td><td>응용</td><td>실용화</td><td>사업화</td><td colspan="5">기타</td></tr>
<tr><td>( )</td><td>( )</td><td>(○)</td><td>( )</td><td colspan="5">( )</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발단계
(TRL)</td><td>1
기초이론/실험</td><td>2
개념 정립</td><td>3
기본성능 검증</td><td>4
핵심 성능평가</td><td>5
시제품 제작</td><td>6
시제품 성능평가</td><td>7
시제품 신뢰성 평가</td><td>8
시제품 인증</td><td>9
사업화</td></tr>
<tr><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>(○)</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td>정부지원
타당성</td><td colspan="9">▪ 기존 내륙물류 및 배후단지 물류이송시스템의 시간적/물리적 비용 한계에 따른 물류경쟁력 약화를 개선하기 위하여 LM 기반 자동이송시스템 구축을 위하여 국가적 차원에서의 설계 기술 지원을 통한 경쟁력 제고가 필요</td></tr>
<tr><td>과제 규모</td><td colspan="9">▪ (기간) 5년
▪ (비용) 30억</td></tr>
<tr><td>최종성과물</td><td colspan="9">▪ 컨테이너 이송시스템 추진용 120kW급 선형전동기 설계 기술
▪ 친환경 컨테이너 이송시스템 구동용 선형유도전동기 적용 추진 시스템</td></tr>
<tr><td rowspan="2">성과물 유형</td><td>시제품</td><td>S/W</td><td>기준·지침</td><td>정책제안</td><td>표준제안</td><td colspan="4">기타</td></tr>
<tr><td>(○)</td><td>(○)</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td colspan="4">( )</td></tr>
<tr><td>활용 및 시장 경쟁력 확보 방안</td><td colspan="9">▪ LM 설계 기술을 적용한 자동이송시스템을 내륙, 항만 등 다양한 영역으로 적용 확산 추진
▪ 국내뿐만 아니라 국제 표준과의 정합화 추진 및 특허 기술 확보를 바탕으로 산업 활성화를 위한 기반 조성</td></tr>
<tr><td>기대효과</td><td colspan="9">▪ 컨테이너의 이송 및 환적이 하나의 LM 기반 시스템으로 설계됨에 따라 시간적·물리적 비용이 크게 감소
▪ 전기 에너지 중심의 LM 설계를 바탕으로 저탄소 교통물류체계 구축 및 녹색 교통수단으로의 전환 기대</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>제안기술명</td><td colspan="9">[과제 5] 이송시스템 추진용 120kW급 LM 제어 기술</td></tr>
<tr><td>기술개발
목표</td><td colspan="9">▪ 컨테이너 이송시스템 추진용 120kW급 LM 제어 HW/SW 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 및 산업/시장동향</td><td colspan="9">▪ (기술) 무인자동방식의 LM 제어 기술 개발이 활발하게 진행되고 있으며, 대표적으로 미국의 Hyperloop 시스템은 진공 튜브를 이용해 사람이나 화물을 실은 운송수단을 고속으로 이동시킬 수 있는 자동운송시스템 존재</td></tr>
<tr><td colspan="9">▪ (산업/시장) 미국의 SkyTech, Transportation, FSS(Freight Shuttle System), Hyperloop, Container Freight, 독일의 CargoCap 등 해외 주요 시스템을 중심으로 무인자동방식 기반의 LM 제어 기술 개발 및 활용 중</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="9">▪ LM 기반 물류 분야 기술은 미래 첨단 물류 산업에서의 필수적인 기술로 분류되고 있으며 타 산업으로의 높은 파급력을 지닌 기술임에 따라 활발한 연구 및 기술개발이 필요
▪ 무인 자동화 기반 물류체계 시스템 구축을 위한 필수 기술로 분류</td></tr>
<tr><td>기술개발
내용</td><td colspan="9">▪ 120kW급 LM 시스템 구동을 위해 고출력밀도 및 고효율을 가지는 고전압용 다단 구동 제어 시스템 HW/SW 구현 기술 개발
▪ 물류이송에 적합한 선형 추진 장치 및 구동 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구 유형</td><td>기초/원천</td><td colspan="2">응용</td><td colspan="2">실용화</td><td>사업화</td><td colspan="3">기타</td></tr>
<tr><td>( )</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">(○)</td><td>( )</td><td colspan="3">( )</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발단계
(TRL)</td><td>1
기초이론/실험</td><td>2
개념 정립</td><td>3
기본성능검증</td><td>4
핵심성능평가</td><td>5
시제품제작</td><td>6
시제품성능평가</td><td>7
시제품신뢰성 평가</td><td>8
시제품인증</td><td>9
사업화</td></tr>
<tr><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>(○)</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td>정부지원
타당성</td><td colspan="9">▪ 물류이송을 위한 LM 추진시스템은 국내외 최초로 연구되고 있는 이송시스템 연구 분야임에 따라 글로벌 선점을 위한 정부 차원의 지원이 필수이며, 특히 초기 투자 및 개발기술의 검증, 시스템 적용 확산을 위한 적극 지원 필요</td></tr>
<tr><td>과제 규모</td><td colspan="9">▪ (기간) 5년
▪ (비용) 30억</td></tr>
<tr><td>최종성과물</td><td colspan="9">▪ 컨테이너 이송시스템용 LM 구동 제어 시스템(HW/SW)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">성과물 유형</td><td colspan="2">시제품</td><td colspan="2">S/W</td><td>기준·지침</td><td>정책제안</td><td>표준제안</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td colspan="2">(○)</td><td colspan="2">(○)</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td colspan="2">( )</td></tr>
<tr><td>활용 및 시장 경쟁력 확보 방안</td><td colspan="9">▪ 정부 주도의 원천·핵심 기술 연구 및 성능평가 추진, 민간 주도의 실질적인 기술 구현화(제품화)를 통한 관련 기술 산업 경쟁력 확보 필요</td></tr>
<tr><td>기대효과</td><td colspan="9">▪ LM 전기 제어 시스템 기반의 친환경 물류 시스템 구축을 통한 온실가스 배출 및 에너지 저감
▪ 공정시간 단축에 따른 운영 효율 향상</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>제안기술명</td><td colspan="9">[과제 6] 이송시스템 추진용 LM 고장진단 및 수명예측 기술</td></tr>
<tr><td>기술개발
목표</td><td colspan="9">▪ 컨테이너 이송시스템의 리니어모터 및 전력변환장치의 고장진단 및 수명예측기술 기반 성능평가 기술 적용을 통한 사고예방 및 운영 유지보수 비용 절감</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 및 산업/시장동향</td><td colspan="9">▪ (기술) 회전형 전동기 고장진단 분야의 선두주자인 Thomson 등은 다양한 고장들에 따른 주파수 특성을 분석하여 판단하는 기술 보유하고 있으며, 최근에는 회전형 전동기로부터 취득한 진동신호에 대한 단구간 푸리에 변환 후 다층 신경회로망에 의해 전동기의 고장을 진단하는 기술 등이 개발되고 있음</td></tr>
<tr><td colspan="9">▪ (산업/시장) 일본은 1970년대부터 전기설비의 이상을 진단하기 위한 각종 이상검출 기술을 개발하여 예방진단시스템과 감시제어시스템을 통합한 종합자동화시스템을 적용하고 있으며, 북미에서도 온라인 감시진단시스템에 관심을 가지고 연구를 진행하고 있으며, 온라인 감시진단시스템 개발에 Omicron, Techimp, doble engineering 등 여러 기업들이 참여하고 있음</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="9">▪ 대부분의 컨테이너 이송시스템에서 잦은 고장이 발생하며 고장 및 수명을 예측하기 어려움에 따라 유지보수가 불가능한 상황
▪ 또한 발생 가능한 사고의 위험성이 높은 분야임에 따라 예기치 못한 사고를 예방하기 위해 정확한 고장진단 및 수명예측 기술 개발의 필요성이 시급</td></tr>
<tr><td>기술개발
내용</td><td colspan="9">▪ 선형전동기 및 전력변환장치 고장진단 및 수명예측 기반 기술 개발
▪ 고장진단 및 수명예측 시스템을 통한 성능평가 지표 및 기술 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구 유형</td><td colspan="2">기초/원천</td><td colspan="2">응용</td><td colspan="2">실용화</td><td colspan="2">사업화</td><td>기타</td></tr>
<tr><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">(○)</td><td colspan="2">( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발단계
(TRL)</td><td>1
기초이론/실험</td><td>2
개념 정립</td><td>3
기본성능검증</td><td>4
핵심성능평가</td><td>5
시제품 제작</td><td>6
시제품 성능평가</td><td>7
시제품 신뢰성 평가</td><td>8
시제품 인증</td><td>9
사업화</td></tr>
<tr><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>(○)</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td>정부지원
타당성</td><td colspan="9">▪ 물류이송용 추진시스템의 고장징후 등이 사전에 진단되지 않아 물류이송 중 고장이 발생함으로 인해 물류이송에 차질이 발생하여 물류경쟁력 저하의 주요 요인이 되므로 국가 차원의 전략적 지원이 필요</td></tr>
<tr><td>과제 규모</td><td colspan="9">▪ (기간) 5년
▪ (비용) 20억</td></tr>
<tr><td>최종성과물</td><td colspan="9">▪ 리니어모터 및 전력변환장치 고장진단을 위한 성능평가기술 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">성과물 유형</td><td colspan="2">시제품</td><td colspan="2">S/W</td><td colspan="2">기준·지침</td><td colspan="2">정책제안</td><td>표준제안</td><td>기타</td></tr>
<tr><td colspan="2">(○)</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td><td>( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td>활용 및 시장 경쟁력 확보 방안</td><td colspan="9">▪ 향후 IoT 등 지능정보기술과의 결합을 통해 더욱 높은 신뢰성과 안정성을 제공하는 고장진단·수명예측 시스템을 구현함으로써 경쟁력 제고</td></tr>
<tr><td>기대효과</td><td colspan="9">▪ 성능평가기술 적용을 바탕으로 인적 오류 감소를 통한 컨테이너 이송시스템 운영 효율 향상 기대
▪ 신뢰성을 확보한 성능평가기술 적용을 통한 컨테이너 이송시스템 관련 사고율 및 고장률 감소 기대</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>제안기술명</td><td colspan="9">[과제 7] 이송시스템용 차상 비접촉 에너지 급전 기술</td></tr>
<tr><td>기술개발
목표</td><td colspan="9">▪ 대용량/대전류 전력전송을 위한 차상에너지 급전 기술 개발을 통해 자동차, 철도 등 대규모 이송수단의 급전 시스템 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 및 산업/시장동향</td><td colspan="9">▪ (기술) 독일, 프랑스, 영국 등을 포함하는 유럽연합에서는 2002년도부터 EVIAC(Electric Vehicle Inductive Automatic Charging)를 구성하여 전기자동차 및 경량전철에 활용할 수 있는 무선급전기술을 공동 개발 중이나 국내에서는 기술개발이 다소 미흡한 상황</td></tr>
<tr><td colspan="9">▪ (산업/시장) 한국철도기술연구원 및 KAIST, 신성 Eng. 등을 중심으로 중용량·대용량 산업용 교통시스템에 대한 무선전력전송기술 연구 수행</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="9">▪ 국내서는 주로 소용량 전자기기의 무선전원공급 또는 충전기술 관련 급전 연구가 이뤄지고 있는 상황
▪ 중용량 산업용 교통 시스템의 적용을 위한 연구가 진행되고 있으나 실제 적용이 미흡한 상황이며 실제 산업에 적용하기 위한 지속적인 대용량/대전류 전력전송 연구·기술개발 필요</td></tr>
<tr><td>기술개발
내용</td><td colspan="9">▪ 비접촉 차상 급/집전시스템 설계 기술
▪ 차상 전원용 배터리 연계 전력변환장치 기술</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구 유형</td><td colspan="2">기초/원천</td><td colspan="2">응용</td><td colspan="2">실용화</td><td colspan="2">사업화</td><td>기타</td></tr>
<tr><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">(○)</td><td colspan="2">( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발단계
(TRL)</td><td>1
기초이론/실험</td><td>2
개념 정립</td><td>3
기본성능 검증</td><td>4
핵심 성능평가</td><td>5
시제품 제작</td><td>6
시제품 성능평가</td><td>7
시제품 신뢰성 평가</td><td>8
시제품 인증</td><td>9
사업화</td></tr>
<tr><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>(○)</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td>정부지원
타당성</td><td colspan="9">▪ 스마트물류 인프라 구축을 위한 핵심 기술이며 파급효과가 크므로 향후 세계시장에서의 새로운 시장창출을 위해 정부 차원의 적극적 기술개발 지원이 필요하며 기술 검증 및 테스트베드 구축 등 실용화를 위한 지속적인 투자 절실</td></tr>
<tr><td>과제 규모</td><td colspan="9">▪ (기간) 5년
▪ (비용) 30억</td></tr>
<tr><td>최종성과물</td><td colspan="9">▪ 대용량/대전류 전력전송을 위한 차상에너지 급전 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">성과물 유형</td><td colspan="2">시제품</td><td colspan="2">S/W</td><td colspan="2">기준·지침</td><td colspan="2">정책제안</td><td>표준제안</td><td>기타</td></tr>
<tr><td colspan="2">(○)</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td><td>( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td>활용 및 시장 경쟁력 확보 방안</td><td colspan="9">▪ 차상 급전기술 분야 높은 기술·산업 수준을 보유한 해외 주요국과의 공동연구를 통해 국내 산업의 형성 및 점진적인 수준 고도화 추진</td></tr>
<tr><td>기대효과</td><td colspan="9">▪ 이송시간 단축 및 수송량 확대를 통한 경제적 비용 절감
▪ 지능형 물류인프라 구축으로 인한 국가 차원의 스마트 물류 경쟁력 제고</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>제안기술명</td><td colspan="9">[과제 8] 센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술</td></tr>
<tr><td>기술개발
목표</td><td colspan="9">▪ 사물 간 유기적인 네트워킹을 바탕으로 안전성 및 신뢰성을 확보한 컨테이너 위치인식 시스템 구현</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 및 산업/시장동향</td><td colspan="9">▪ (기술) ㈜비피앤솔루션은 유기적인 네트워킹을 위해 컨테이너 터미널에 RFID를 부착하여 출입 차량정보를 관리하고 차량에 대한 작업 지시 수행</td></tr>
<tr><td colspan="9">▪ (산업/시장) ㈜비피앤솔루션은 센서를 활용한 위치 인식 기술을 항만자동화시스템에 적용하여 활용 중이며, 네덜란드 로테르담항, 미국 롱비치항 등 항구에서는 로봇 및 IoT 센서를 활용한 완전 자동화 컨테이너 터미널 구축</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="9">▪ 물류단지의 완전 자동화를 위해 안전성 및 신뢰성을 제고하기 위한 목적으로 본 기술개발이 반드시 필요한 상황
▪ 특히 인공지능, IoT 등 핵심 지능정보기술을 활용함에 따라 글로벌 경쟁력을 확보하기 위해 적극적인 연구·개발이 필요할 것으로 판단</td></tr>
<tr><td>기술개발
내용</td><td colspan="9">▪ 컨테이너 위치 인식을 위한 센서 네트워크 기술 개발 및 인공지능 알고리즘 개발
▪ 통합제어시스템 구축</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구 유형</td><td>기초/원천</td><td colspan="2">응용</td><td colspan="2">실용화</td><td colspan="2">사업화</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>( )</td><td colspan="2">(○)</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발단계
(TRL)</td><td>1
기초이론/실험</td><td>2
개념 정립</td><td>3
기본성능검증</td><td>4
핵심 성능평가</td><td>5
시제품 제작</td><td>6
시제품 성능평가</td><td>7
시제품 신뢰성 평가</td><td>8
시제품 인증</td><td>9
사업화</td></tr>
<tr><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>(○)</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td>정부지원
타당성</td><td colspan="9">▪ 무인자동화 기반 컨테이너 이송 환경 구축을 위해 인공지능, IoT 등 지능정보기술과의 유기적인 융합이 필요한 상황
▪ 정부에서 현재 지능정보기술에 대한 기술개발 및 연구를 주도하고 있음에 따라 지능정보기술이 효과적으로 활용될 수 있는 물류 산업의 경쟁력 확보를 위해 정부의 적극적인 참여가 큰 도움이 될 것으로 판단</td></tr>
<tr><td>과제 규모</td><td colspan="9">▪ (기간) 3년
▪ (비용) 4억</td></tr>
<tr><td>최종성과물</td><td colspan="9">▪ 인공지능·IoT 기반 지능형 컨테이너 위치 인식을 위한 통합제어시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">성과물 유형</td><td colspan="2">시제품</td><td colspan="2">S/W</td><td colspan="2">기준·지침</td><td colspan="2">정책제안</td><td>표준제안</td><td>기타</td></tr>
<tr><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">(○)</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td><td>( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td>활용 및 시장 경쟁력 확보 방안</td><td colspan="9">▪ 지능형 컨테이너 위치 인식 시스템을 완전 자동화 이송 시스템에 적용함으로써 글로벌 수준의 무인 자동화 물류 인프라 경쟁력 확보</td></tr>
<tr><td>기대효과</td><td colspan="9">▪ 물류 단지에 적용함으로써 모든 물류단지 내 인프라의 자동화, 무인화를 통해 인사사고율 감소, 경비 절감, 물류 운송 효율화 제고 효과 기대</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>제안기술명</td><td colspan="9">[과제 9] 이송차량 간 상호 충돌방지 시스템</td></tr>
<tr><td>기술개발
목표</td><td colspan="9">▪ 인공지능 등 지능정보기술을 활용한 물류 이송 차량 간 충돌 방지 기술 개발을 통해 물류단지 내 완전 자동화 환경 구축에 기여</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 및 산업/시장동향</td><td colspan="9">▪ (기술) 현재 부산 신항에 이송차량 충돌방지를 위한 딥러닝 기반의 컨테이너 검출 기법*을 적용한 충돌방지 시스템이 적용되어 있는 상황
* 다양한 스케일의 객체 후보 추정이 가능함에 따라 높은 인식 정확도를 제공하는 딥러닝 기술인 SSD(Single Shot Multibox Detector) 적용</td></tr>
<tr><td colspan="9">▪ (산업/시장) 아직 산업 및 시장이 형성되지 못한 단계이며 인공지능 관련 해외 주요 기업을 중심으로 컨테이너 영상 인식에 필요한 영상 분류 및 객체 검출 관련 인공지능 연구가 활발히 진행되고 있는 상황</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="9">▪ 이송차량 간 상호 충돌방지 및 이를 활용한 무인 자동화 환경을 구축하기 위해 인공지능 기반 충돌방지 시스템 구축이 필수</td></tr>
<tr><td>기술개발
내용</td><td colspan="9">▪ 인공지능 기반 위치 인식 알고리즘 개발
▪ 인공지능 기반 이송차량 충돌 방지 알고리즘 개발
▪ 통합제어시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구 유형</td><td>기초/원천</td><td colspan="2">응용</td><td colspan="2">실용화</td><td colspan="2">사업화</td><td colspan="2">기타</td></tr>
<tr><td>( )</td><td colspan="2">(○)</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발단계
(TRL)</td><td>1
기초이론/실험</td><td>2
개념 정립</td><td>3
기본성능검증</td><td>4
핵심성능평가</td><td>5
시제품 제작</td><td>6
시제품 성능평가</td><td>7
시제품 신뢰성 평가</td><td>8
시제품 인증</td><td>9
사업화</td></tr>
<tr><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>(○)</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td>정부지원
타당성</td><td colspan="9">▪ 인공지능 관련 기술력 수준이 매우 부족함에 따라 국내 물류산업의 인공지능화를 위해 해외 주요 오픈소스 활용 확산 방안 수립 또는 글로벌 기업과의 협력연구 강화 등을 위한 정부 차원의 지원사업 추진 필요</td></tr>
<tr><td>과제 규모</td><td colspan="9">▪ (기간) 4년
▪ (비용) 4억</td></tr>
<tr><td>최종성과물</td><td colspan="9">▪ 인공지능 기술 기반 위치 인식 및 충동 방지를 위한 통합제어시스템 SW</td></tr>
<tr><td rowspan="2">성과물 유형</td><td>시제품</td><td colspan="2">S/W</td><td colspan="2">기준·지침</td><td colspan="2">정책제안</td><td colspan="2">표준제안</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>( )</td><td colspan="2">(○)</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td>활용 및 시장 경쟁력 확보 방안</td><td colspan="9">▪ 본 기술 및 시스템의 실질적인 산업 적용을 위해 정부와 민간의 협업을 바탕으로 기술 개발을 진행하고 공동으로 시스템의 문제점을 보완·개선함으로써 산업에 대한 점진적인 활용 확산 유도</td></tr>
<tr><td>기대효과</td><td colspan="9">▪ 모든 물류단지 내 장비의 인공지능화에 따라 인건비 절감, 안전사고율 감소, 시스템 운영 효율화 제고, 인적오류 감소 기대</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>제안기술명</td><td colspan="8">[과제 10] 이송차량과 통합관제 시스템과의 통신 기술</td></tr>
<tr><td>기술개발
목표</td><td colspan="8">▪ 이송차량-통합관제 시스템 간 통신 기술 개발을 통한 이송차량 관리 기반 시스템 효율성 개선</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 및 산업/시장동향</td><td colspan="8">▪ (기술) 교통안전공단은 차세대 ITS 인프라 유선망(광 통신망), WAVE 통신(V2X 통신의 무선전송망), LTE-4G 상용망(차량정보 수집장치 무선 전송망) 등 다양한 통신 인프라를 확보한 자율주행 통합관제시스템을 구축하여 시범운영 중</td></tr>
<tr><td colspan="8">▪ (산업/시장) 산업 및 시장에서 이송차량-통합관제 시스템 간 유기적인 통신을 활용하고 있는 사례는 미비한 상황이며, 교통안전공단이 '자율주행 시험도시(K-CITY)' 구축 추진을 통해 K-CITY 내에서 자율주행 테스트를 수행하는 차량 및 평가 시스템의 정보를 통신 기술을 통해 수집 및 종합 분석하는 상황</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="8">▪ 현재 이송차량 관리가 효과적으로 이뤄지지 못하는 상황이며 이를 관제하기 위한 시스템과의 유기적인 연동이 기술적으로 미흡한 상황
▪ ITS, WAVE, LTE 등 통신 기술을 바탕으로 이송차량-관제시스템 간 실시간 모니터링·정보교환을 위한 시스템 구축 필요</td></tr>
<tr><td>기술개발
내용</td><td colspan="8">▪ 통신 프로토콜 설계
▪ 무선 통신 보안 기술 개발
▪ 이송 차량 위치 추적 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구 유형</td><td>기초/원천</td><td colspan="2">응용</td><td colspan="2">실용화</td><td colspan="2">사업화</td><td>기타</td></tr>
<tr><td>(○)</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발단계
(TRL)</td><td>1
기초이론/실험</td><td>2
개념 정립</td><td>3
기본성능검증</td><td>4
핵심성능평가</td><td>5
시제품제작</td><td>6
시제품성능평가</td><td>7
시제품신뢰성평가</td><td>8
시제품인증</td><td>9
사업화</td></tr>
<tr><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>(○)</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td>정부지원
타당성</td><td colspan="8">▪ 통신 인프라 구축 및 인증, 보안 등 통신 관련 문제를 해결하고 이송차량 추적 및 관제시스템 연동 등 다양한 기술 연구가 요구됨에 따라 정부 주도하에 다양한 산업 이해관계자 간 협업을 통한 공동연구 필요</td></tr>
<tr><td>과제 규모</td><td colspan="8">▪ (기간) 3년
▪ (비용) 4억</td></tr>
<tr><td>최종성과물</td><td colspan="8">▪ 이송차량-관제시스템 통신 시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">성과물 유형</td><td>시제품</td><td>S/W</td><td>기준·지침</td><td>정책제안</td><td>표준제안</td><td colspan="3">기타</td></tr>
<tr><td>( )</td><td>(○)</td><td>( )</td><td>( )</td><td>(○)</td><td colspan="3">( )</td></tr>
<tr><td>활용 및 시장 경쟁력 확보 방안</td><td colspan="8">▪ 검증된 일부 통신 기술을 우선 적용하여 테스트 및 실용화 추진 후 점진적으로 다양한 통신 기술을 보완함으로써 시스템 고도화</td></tr>
<tr><td>기대효과</td><td colspan="8">▪ 이송차량과 통합관제 시스템 간 유기적인 통신이 가능해짐에 따라 예기치 못한 사고에 대한 즉각 대응이 가능해짐으로써 물류 효율성 증대 및 금전적 손실 비용의 감소 기대</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>제안기술명</td><td colspan="9">[과제 11] 고속 무진동 운송을 위한 이송차량 제어 기술</td></tr>
<tr><td>기술개발
목표</td><td colspan="9">▪ 지능형 이송차량 정밀 운송 기술 개발을 통해 고가 및 정밀기기의 안전한 운송 지원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발 및 산업/시장동향</td><td colspan="9">▪ (기술) 자동차를 중심으로 고가의 화물운송을 위한 무진동 댐퍼기술이 개발되고 있으며, 철도분야에서는 철도차량 승차감 향상을 위하여 MR댐퍼를 이용한 Active Suspension 기술이 개발됨</td></tr>
<tr><td colspan="9">▪ (산업/시장) RMS 테크놀러지(주)가 MR 댐퍼와 에어스프링을 결합한 능동제어형 진동제어장치 기술을 선보이고 있으며, 새한특장에어시스템 에서는 차량의 진동을 없애기 위한 에어백 서스팬션 시스템을 선보임</td></tr>
<tr><td>기술개발
필요성</td><td colspan="9">▪ 의료기기를 비롯한 고가 및 정밀 기기는 운송 시 파손 또는 기기에 이상이 발생할 수 있는 우려가 있으므로, 고속의 무진동 운송 시스템 확보를 통한 안전한 운송 필요</td></tr>
<tr><td>기술개발
내용</td><td colspan="9">▪ 고속에서의 무진동 운송을 위한 기술 및 알고리즘 개발
▪ 고속 무진동 운송 시스템 HW 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구 유형</td><td colspan="2">기초/원천</td><td colspan="2">응용</td><td colspan="2">실용화</td><td colspan="2">사업화</td><td>기타</td></tr>
<tr><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">(○)</td><td colspan="2">( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기술개발단계
(TRL)</td><td>1
기초이론/실험</td><td>2
개념 정립</td><td>3
기본성능검증</td><td>4
핵심 성능평가</td><td>5
시제품 제작</td><td>6
시제품 성능평가</td><td>7
시제품 신뢰성 평가</td><td>8
시제품 인증</td><td>9
사업화</td></tr>
<tr><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td><td>(○)</td><td>( )</td><td>( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td>정부지원
타당성</td><td colspan="9">▪ 의료기기, 대형 제품 등 고가의 제품을 개발하는 관계자의 니즈를 파악하고 수요를 예측하기 위해 다양한 산업 이해관계자와의 의견 조율이 요구됨에 따라 정부 주도하의 논의의 장(場) 마련 필요</td></tr>
<tr><td>과제 규모</td><td colspan="9">▪ (기간) 5년
▪ (비용) 30억</td></tr>
<tr><td>최종성과물</td><td colspan="9">▪ 고속 무진동 운송 시스템</td></tr>
<tr><td rowspan="2">성과물 유형</td><td colspan="2">시제품</td><td colspan="2">S/W</td><td colspan="2">기준·지침</td><td colspan="2">정책제안</td><td>표준제안</td><td>기타</td></tr>
<tr><td colspan="2">(○)</td><td colspan="2">(○)</td><td colspan="2">( )</td><td colspan="2">( )</td><td>( )</td><td>( )</td></tr>
<tr><td>활용 및 시장 경쟁력 확보 방안</td><td colspan="9">▪ 정부-민간 협업을 통해 시스템을 구축하여 국영 운영을 통해 시스템을 활용 확산시킴으로써 국가 산업 활성화 촉진</td></tr>
<tr><td>기대효과</td><td colspan="9">▪ 의료기기 등 고가 및 정밀기기 운송 시 안전성 확보
▪ 운송 시간 절감
▪ 고가 및 정밀기기 개발 업체의 시스템 활용 확산의 증가에 따라 수출 및 내수 활성화 촉진 기대</td></tr>
</table>

제 5 장 사전타당성 검토

제 1 절 정책적 타당성

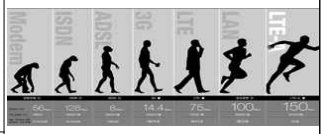
1. 국가 전략적 중요성

○ 본 기획과제는 물류거점 내의 친환경·자동화 운송 시스템 구축 및 운송 효율화를 제고하기 위한 기술개발로, 현 정부의 국정 운영 방향 및 세계적인 물류시스템 변화 방향에 합치

○ 문재인 정부는 국정목표 및 국정과제('17)의 일환으로 미세먼지 걱정 없는 쾌적한 대기환경 조성, 지속가능한 국토환경 조성, 新기후체제에 대한 견실한 이행체계 구축 등을 포함하여 국민 안전과 생명을 지키는 안심사회 구현을 제시

○ 기후변화, 지능정보기술의 발전 등으로 인해 전세계적인 물류의 흐름이 친환경, 지능화와 자동화, 데이터화, 유연화 등으로 변화하는 상황

<표 5-1> 미래 물류 변화상

주요 키워드	기술발전에 따른 미래 물류상	
그린&라이프 이노베이션	• 소비자의 물류서비스 접근 및 활용체계 변화 → 오픈 클라우드 물류 플랫폼[10] • 친환경 소재 포장기술 및 자원순환형 물류체계 확산 • 대중교통 및 공공 인프라를 물류 인프라로 활용	 [미래형 전기트럭]
기술융합, ICT 융합 (지능화, 가상화)	• 가상/증강현실기술과 웨어러블기기 등 융합 • 다양한 첨단운송수단 등장(지능형 자동차, 드론 등) • 사물인터넷, 위치 인텔리전스 기술 등의 확산 → 물류서비스의 실시간/자동/개별맞춤화 확대	 [신개념 운송수단]
정보통신망 확대 및 빅데이터 시대	• 오픈 클라우드 물류 플랫폼 확산 • 실시간 유연 물류처리 요구 → 24시간 다수의 소량다품종 개별 주문 • 빅데이터 분석 → 예측 배송, 위험 예측 관리	  [증강형실 기술이 접목된 피킹(picking) 장비]
제조 자동화 및 유연화 기술 확대	• 전통적 제조·생산방식이 3D 프린팅 제조방식으로 대체 → 재고형 창고 감소, 제조·유통·물류활동 동시 수행(공급사슬 변화) • 물류현장에 자동화 로봇기술 도입 보편화	 [물류산업의 속도경쟁 (신속정확한물류서비스)]
자원확보 기술, 의료기술 발달	• 신규 에너지원을 활용한 친환경 수송수단 보급 • 의약품 물류 등 신규 물류 비즈니스 확장	

* 자료 : 국가물류기본계획(2016-2025)

2. 상위 정책과의 부합성

가. 제1차 지속가능 국가교통물류발전 기본계획 (2011~2020)

○ 제1차 지속가능 국가교통물류발전 기본계획(2011~2020)은 친환경・사람 중심의 녹색교통 구현, 저탄소・에너지 고효율 교통물류체계 구축, 녹색교통물류 신성장 동력 창출 등을 목표로 추진

○ 지속가능 교통물류정책 시행과 자동차 연비개선 등을 통해 2020년까지 온실가스 감축량 약 3,450만톤 달성을 목표로 설정

○ 도로 중심의 운송을 억제하고 철도, BRT등 저탄소 친환경 교통체계 강화, 저비용・고효율의 탄소배출 저감형 물류체계 구축, 친환경 교통물류 기술개발 등을 주요 내용으로 추진하므로, 본 개발 기술과 부합함

나. 국가물류기본계획 (2016~2025)

○ 국가물류기본계획(2016~2025)에서는 기술, 사회, 경제, 환경 변화 등에 대응하여 물류분야를 혁신하고 신사업 창출을 통한 글로벌 물류 강국 실현을 목표로 제시

○ 고부가가치 물류산업 육성, 해외시장 진출강화, 스마트 물류기술 개발 및 확산, 지속가능한 물류산업 환경 조성 등 물류산업 전반의 혁신을 주도

○ 특히, 도심 내 친환경 물류단지 조성, 철도화물열차의 수송능력 향상을 위한 컨테이너 상하역 수송・배후단지 표준화 등 내륙물류의 친환경화, 자동화, 효율화 등을 위한 전략 과제를 포함하여 추진하므로, 본 개발 기술과 부합함

다. 제2차 물류시설개발 종합계획 (2013~2017)

○ 제2차 물류시설개발 종합계획(2013~2017)에서는 고효율・고품질의 물류시설 구축, 지속가능한 물류시설 구축, 고부가가치의 융합형 물류시설 구축 등을 목표로 수립

○ 친환경 교통수단 기반 연계교통 물류시설 육성, 친환경・안전・보안 확보를 위한 물류시설 선진화, 물류시설의 정보화・자동화를 통한 첨단인프라 강화 등 지역친화적 미래형 물류시설 구축을 추진하므로, 본 개발 기술과 부합함

라. 제3차 철도산업발전 기본계획 (2016~2020)

○ 제3차 철도산업발전 기본계획(2016~2020)에서는 제4차산업혁명으로 인해 철도산업이 국가경제 발전의 새로운 성장동력이 될 것으로 보고 국민생활 및 국가경제에서의 새로운 역할을 정립

○ 철도물류 혁신을 통해 화물 수송분담률을 ‘14년 5.7%에서 ‘20년 10.0% 이상으로 제고할 것을 목표로 함에 따라 철도 화물 운송의 자동화 등 효율성 제고를 위한 노력이

필요한 상황이므로 본 개발 기술과 부합함

마. 국토교통 4차 산업혁명 대응 전략(2017.04)

○ 국토교통 4차 산업혁명 대응 전략(2017.04)에서는 가상 · 증강현실, 빅데이터 등 첨단 기술과 융합하여 피킹(Picking), 운송, 보관, 재고 관리 등 일련의 과정이 자동화된 물류센터 개발을 통한 물류 서비스 산업 육성을 주요 과제로 제시하고 있으므로, 본 개발 기술과 부합함

3. 국토교통 R&D 중장기 4대 전략과의 부합성

○ (글로벌 시장 선도) 상대적으로 연구가 미흡했던 물류거점 내 효율화를 위한 기술개발을 통해 글로벌 시장에서 국내 물류 분야의 시장 경쟁력 제고

○ (융・복합 신산업 창출 기반 조성) IoT, 빅데이터, 블록체인 등 ICT 기술과의 접목을 통해 새로운 물류 교통 인프라를 구축하고 이를 통해 ICT와 국토교통기술 융합형 신시장 창출 기반을 마련

○ (안전하고 편리한 국토 공간 조성) 본 과제 수행을 통해 그간 화물트럭으로 인해 발생했던 온실가스 및 미세먼지를 저감함으로써 친환경적 물류・교통 체계를 마련

○ (국민 생활복지 향상) 친환경적 물류 체계 구축을 통해 국민 건강 향상에 기여하고, 물류 거점 내 공간의 효율적 활용을 통해 기존 공간을 지역 주민 복지・편의 시설로 활용 가능

제 2 절 기술적 타당성

1. 기술의 중요성

○ 본 기술은 저탄소 교통물류체계 구축을 위한 친환경, 자동화 컨테이너 이송시스템 기술로서 컨테이너 이송 시간과 비용이 감소하고 내륙물류기지 및 배후물류단지의 효율적인 활용이 가능함

- 본 기술의 개발을 통해 실현되는 완전무인자동화 내륙물류기지는 기존 기지에 비해 인건비, 동력비 등 운영비를 37%이상 줄일 수 있고, 기존 기지에서 사용하는 디젤연료 대신 전기 동력의 친환경 하역장비를 사용함으로써 오염물질 발생을 최소화할 수 있음
- 도로, 항공, 철도 등 다양한 분야에서 시스템의 운행 현황 (객체의 위치, 속도, 상태 등)을 파악하기 위한 모니터링 위주의 관제 센터가 구축되었으나 최근에는 시스템의 상태 검지를 통한 진단 및 유지보수 지원, 원격 제어 등으로 운영 최적화 기술 영역이 확대되고 있음
- 본 기술의 주요 핵심기술에 해당하는 선형전동기에 대한 수요가 점진적으로 늘어나면서 고정밀 선형전동기 개발에 대한 요구도 점차 증가하고 있으며, 이에 기존의 모터 및 모션 컨트롤러 전문업체를 비롯하여 로봇 전문업체들의 선형전동기 개발 열기가 활기참

○ 세계적인 GTO(Global Terminal Operator)인 DPW(Dubai Port World)에서는 물류분야에서 혁신적인 ICT 도입을 통해 현 저성장 상황을 벗어나야 할 것이라 언급하였으며, 특히 항만 및 물류산업 적용이 필요한 5가지 주요 핵심 기술로

① 로보틱스와 자동화
② 자율주행차
③ IoT와 빅데이터
④ 시뮬레이션과 VR
⑤ 사이버보안

등을 제시함

○ 철도, 항공/항만 등 물류교통 관련 산학연 전문가 32인을 대상으로 조사한 결과, 응답자의 97%가 본 기술의 중요성이 높다고 응답하였으며 94%가 해당 기술 개발 필요성이 높다고 응답함

- 기술의 중요성에 긍정적으로 응답한 이유로서 친환경화, 운송 효율성 향상, 업무 생산성 증대, 비용 절감, 물류 사고 예방, IT기술과의 접목 용이성 제고, 안전성 확보 등을 언급함

2. 기술개발의 시급성

○ 물류운송의 지속가능성 확보를 위하여 도로분야에 집중된 운송방식의 개선에 대한 공감대가 빠르게 형성되고 있으며, 물류시설 내 운영에서도 지속가능성 확보 요구도 점점 커지고 있음

○ 세계는 항만자동화의 보편화 시대로 진입하고 있고, 자동화 추세는 향후 5년간(2016~2021년) 연평균 25% 성장하고 완전무인자동화 터미널 비중이 높아질 전망임. 이에 따라 2015년 이후 글로벌 허브항만들은 완전무인자동화 컨테이너 터미널 건설을 앞 다투어 추진 중이며, 이와 발맞추어 내륙물류기지 및 배후물류단지의 자동화도 병행해야 함

○ 완전무인자동화 터미널 및 내륙물류기지는 기계, 전기, 전자, ICT 및 물류가 융합된 복합산업으로서 미래 물류 종사 인력에 대해 ①첨단장비/시스템 유지보수 직무전환 등 고부가가치 신규직종 창출, ②부산, 인천 등 항만 연수원 훈련프로그램 전면개편, ③정보화기반 터미널 운영 신기술 개발과 신속한 도입 등 신속한 사전정책 추진이 필요함

○ 4차 산업혁명의 도래와 함께 물류분야에서는 혁신적인 ICT 도입을 통해 현 저성장 상황을 극복하는 것이 당면한 과제이며, 이를 통해 잠재력 있는 물류 및 소프트웨어 기업을 정보물류 기술을 선도하는 글로벌 강소기업으로 육성해야 하는 시점임

○ 전문가 조사 결과, 『운영 최적화 기술』, 『컨테이너 이송 기술』, 『통합제어 시스템 기술』, 『타 시스템과의 연계기술』 개발이 시급한 것으로 조사되어 시스템의 통합 및 안정성/신뢰성 확보를 위한 연구에 앞서 실질적으로 기술을 구현하기 위한 기술 개발 연구가 보다 시급한 상황임

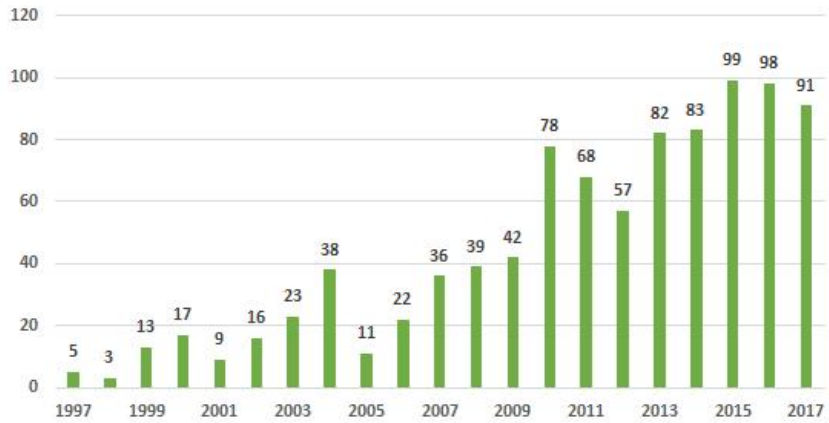


<그림 5-1> 시급 연구 분야

3. 기술선도 가능성

○ 본 기술 관련 연구개발은 초기 단계로서 최근 20년 동안 기술개발이 점점 활발히 이루어지고 있으며, 한국은 타국가에 비해 ICT 융합 연구분야인 네트워크 기반 통합 제어시스템 기술에서 활발한 연구가 수행되고 있는 것으로 나타남

- 1997년대부터 발행된 내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너 이송시스템 기술과 관련한 논문을 검색한 결과, 총 930건이 검색되었음



<그림 5-2> 논문의 연도별 연구 동향

- 한국에서 기술 분야별 특허비중은 물류운영 최적화기술이 56건(42%)으로 가장 큰 비중을 차지하고, 네트워크 기반 통합 제어 시스템 기술 41건(30%), LM기반 컨테이너 이송시스템 기술 37건(28%) 순으로 나타나고 있음



<그림 5-3> 한국의 기술별 특허비중

○ 본 기술에 대한 지속적이고 과감한 연구개발 투자가 이루어진다면 세계 기술을 선도할 가능성이 높으며, 특히 ICT 융합 연구에 강점을 보이고 있는 국내 연구역량을 본 기술 개발에 적극적으로 활용할 필요가 있음

제 3 절 경제적 타당성

1. 고려 대상지 수요 분석

가. 수요 분석 방법

○ Test-bed 고려대상지(의왕 ICD)의 물동량에 대하여 수요분석을 수행함

○ 본 시스템을 적용하기 전과 후로 구분하여 화물수요분석을 수행하며, 시행 후의 경우 시스템 종류를 반영한 두 가지 시나리오에 대하여 분석함

- 시행 전 : 현행 화물자동차를 이용한 의왕ICD 내부 운송 대안
- 시행 후 : 시나리오 1 (RM(Rotary Motor)를 이용한 운송) / 시나리오 2 (LM(Linear Motor)를 이용한 운송)

○ 시스템 도입 전·후의 물동량 차이는 시스템 도입으로 인한 컨테이너 장치가능면적 증가분을 반영함

- 트랙터를 이용한 물류시설 내부운송을 궤도운송으로 전환함으로써 발생하는 장치가능면적에 추가로 컨테이너 장치가 가능함

○ 물동량의 장래 증가율은 KTDB의 장래 예측결과를 적용함

나. 자료 수집

① 의왕ICD 물동량 실적 자료

○ 의왕ICD에 대한 현황자료는 다음과 같음

<표 5-2> 의왕ICD 부지 및 CY 현황

구분	1터미널	2터미널	합 계	비고
부지면적	491,668㎡	261,012㎡	752,680㎡	
CY면적	254,622㎡	133,310㎡	387,932㎡	
컨테이너 장치가능 면적	98,742㎡	52,265㎡	151,007㎡	
TGS (적재 층수)	6,679 Teu	3,535 Teu	10,214 Teu	평균 적재: 4.4단(공컨테이너 : 5단 , 적컨테이너 : 4단) 일시장치능력: 45만 TEU(10,214*4.4)
현재 야적용량(재고)	22,815 Teu	6,284 Teu	29,099 Teu	2017년 11월 기준

* 1 TGS : Twenty-foot Ground Slots : 20FT 컨테이너 1단으로 쌓을 경우 장치량
1 TGS : 6.09m ＊ 2.43m = 14.799㎡(4.48평)

<표 5-3> 일평균 철도 발도착 량수 및 컨테이너 (2017년 기준)

철도 발도착 일평균 량수 (오봉역 기준)			철도 컨테이너 일평균 반출입								
			반입			반출			합계		
발송량수	도착량수	합계	CU		TEU	CU		TEU	CU		TEU
			20	40		20	40		20	40	
262	214	476	140	137	414	191	178	547	331	315	961

<표 5-4> 의왕ICD 일평균 진출입 차량수

구분	차량운행 횟수		터미널간 거리	비고
	진입	진출		
1 터미널	768	1,110	1.1Km	
2 터미널	498	590		
합 계	1,266	1,700		

* 1·2터미널 간 이동 차량은 전체 진출입 댓수의 약 10% 수준임

② KTDB 장래 물동량 추이

○ 철도 컨테이너 물동량의 장래 추이

- KTDB 화물O-D 장래 예측결과에 따르면 철도 컨테이너 화물의 장래 연평균 증가율은 1.84%로 나타남

<표 5-5> 철도화물 연도별 물동량 예측치

단위 : 톤/년

연도	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045
컨테이너	9,868,259	11,091,587	12,083,152	12,937,831	14,179,090	15,539,436	17,030,294
비컨테이너	27,225,041	28,211,405	30,378,342	31,955,392	33,961,836	36,094,262	38,360,581
합계	37,093,300	39,302,992	42,461,494	44,893,223	48,140,926	51,633,698	55,390,875

자료: 한국교통연구원(2016) 전국 화물OD 보완갱신

다. 물동량 추정

① 개요

○ 수요분석은 컨테이너 실적자료를 기반으로 의왕ICD에서 반출·입되는 총물동량을 대상으로 하며 본 시스템의 신규 도입으로 인한 유발물동량은 고려하지 않음

○ 공간적 범위 : 진·출입구를 포함한 의왕 ICD 전체

○ 시간적 범위 : 개통년도 2024년, 최종분석년도 2064년(개통 후 40년)

- 중간분석년도 매 10년
- 2054년 이후 물동량 변화가 없는 것으로 가정함

○ 분석의 고려사항

- 의왕ICD 내부를 궤도로 운송할 경우 내부 화물자동차 운송이 전량 궤도 운송으로 전환되는 것으로 적용함
- 현재 의왕ICD 전체 CY면적의 약 39%에 컨테이너를 장치할 수 있으나 본 시스템을 적용할 경우 전체 CY 면적의 70%를 컨테이너 장치에 사용할 수 있는 것으로 가정함
- 장래 화물증가율은 KTDB 철도화물 컨테이너 물동량의 장래 증가율 1.84%를 적용함

② 추정결과

○ 의왕ICD의 반출입 컨테이너는 일평균 961TEU 수준이며, 여기에 장치면적 증가율을 적용하여 연간 반출입량을 다음과 같이 산정함

<표 5-6> 의왕ICD 반출입 컨테이너 추정량

연도	2017	2024	2034	2044	2054	2064
물동량(TEU)	630,773	717,627	862,850	1,037,461	1,247,408	1,247,408

2. 컨테이너 자동이송시스템용 추진시스템 적용 분석

가. 내륙물류기지 및 배후물류단지의 컨테이너 자동이송시스템 적용(안)

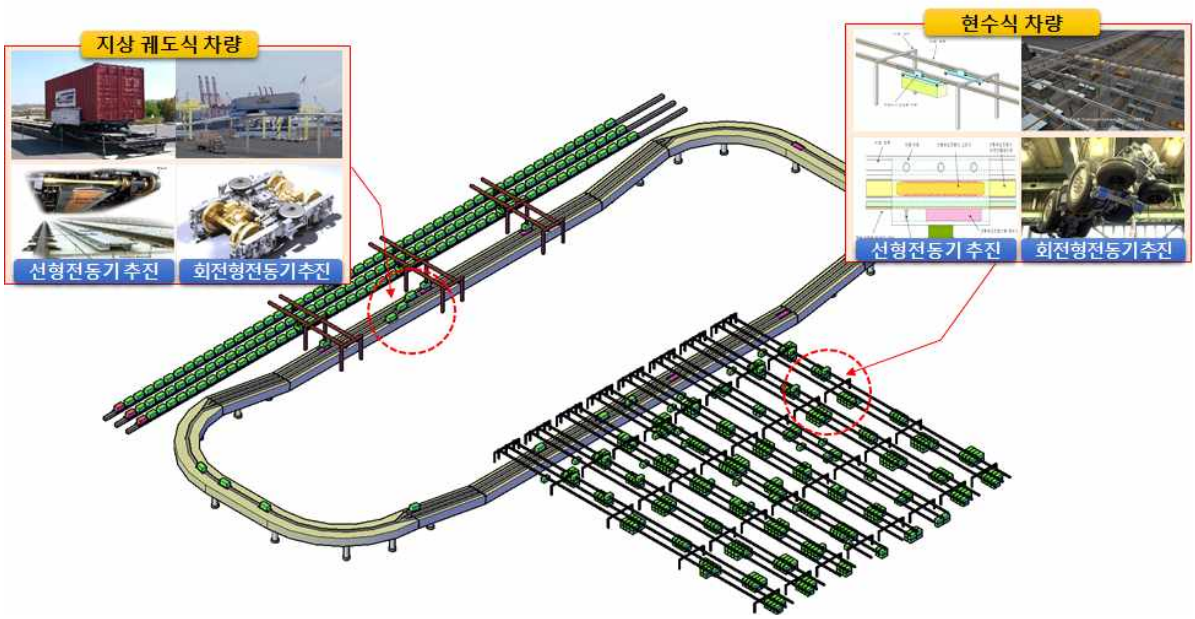
○ 그림 5-4에서 보는 바와 같이, 내륙물류기지 및 배후물류단지의 컨테이너 자동이송시스템 적용(안)은 다음과 같음

① 지상 궤도를 통한 철송 시스템과의 연계

- 철송을 통하여 운송된 다수의 컨테이너는 내륙물류기지 및 배후물류단지 인근의 전용 철도 정거장에서 하역시스템을 통하여 지상 궤도상의 자동이송시스템과 연계됨
- 지상 궤도상의 자동이송시스템은 회전식 또는 선형 전동기를 추진시스템으로 하는 무인자동시스템임

② 현수식 궤도를 이용한 컨테이너 자동 야적시스템

- 지상 궤도를 통하여 운반된 컨테이너는 현수식 궤도를 주행하는 자동이송시스템에 의해 리프팅된 후 지정된 야적장까지 운반되어 하역되는 시스템임
- 현수식 궤도상의 자동이송시스템은 회전식 또는 선형전동기를 추진시스템으로 하는 무인자동시스템임



<그림 5-4> 내륙물류기지 및 배후물류단지의 컨테이너 자동이송시스템 적용 개념도

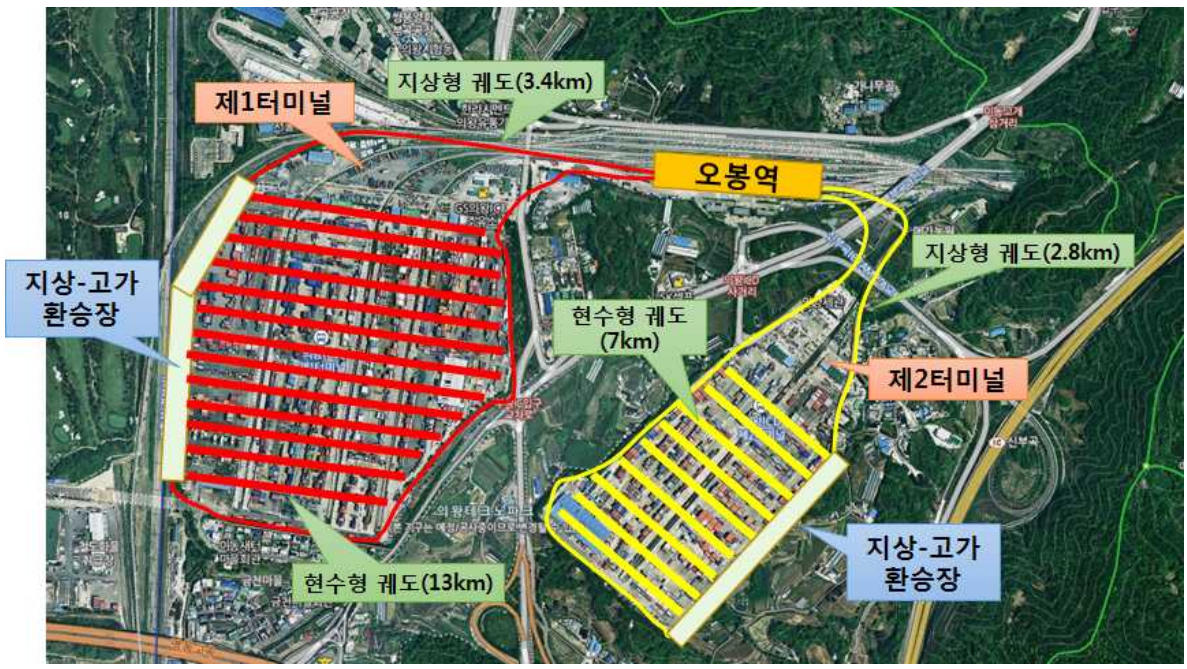
나. 내륙물류기지(의왕 ICD)의 컨테이너 자동이송시스템 적용을 위한 개념 정립

○ 본 기획연구에서는 내륙물류기지용 컨테이너 자동이송시스템의 추진 방식별 구축 비용을 분석하기 위하여 국내 최대 규모의 내륙물류기지인 의왕 ICD를 선택하여 분석을 추진함

○ 그림 5-5에서 보는 바와 같이, 의왕 ICD의 컨테이너 자동이송시스템 적용을 위한 평면도는 다음과 같음

- 철송 전용 오봉역에 철도로부터 지상 궤도상의 이송시스템으로의 하역 인터페이스 시스템 구축
- 지상형 궤도는 제1터미널 구간 3.4km와 제2터미널 구간 2.8km로 총 길이는 6.2km 구축
- 제1터미널과 제2터미널에는 지상 궤도로부터 현수형 궤도로의 컨테이너 리프팅을 위한 지상-고가 환승장이 구축
- 현수형 궤도는 제1터미널에 13km, 제2터미널에 7km로 총 길이는 20km 구축

○ 그림 5-5에서 지상 궤도상과 현수 궤도상의 자동이송시스템은 회전식 또는 선형전동기를 추진시스템으로 하는 무인자동시스템임



<그림 5-5> 의왕 ICD의 컨테이너 자동이송시스템 적용을 위한 평면도

다. 컨테이너 자동이송시스템 구축 비용 분석 (의왕 ICD 적용 시)

① 컨테이너 자동이송시스템용 추진시스템으로 LIM 선정

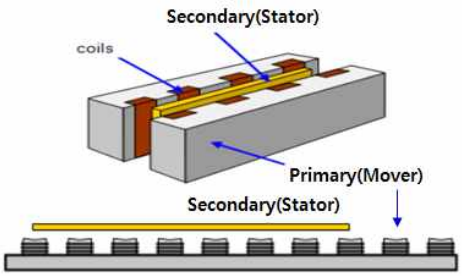
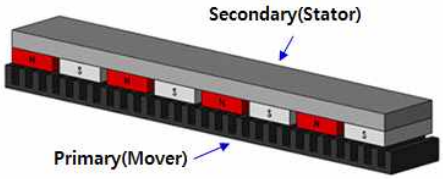
○ 컨테이너 자동이송시스템용 선형추진시스템은 비점착 구동에 의해 급구배, 급가속, 급곡선, 가용률, 환경성 등 많은 장점을 가지고 있음

○ 선형유도전동기(Linear Induction Motor, LIM)는 150km/h 이상 고속 적용이 어려운 한계를 가지고 있지만, 본 컨테이너 자동이송시스템은 최고 운행속도가 60km/h인 시스템이므로 적용에 문제가 없으며, 선형동기전동기(Liear Synchronous Motor, LSM) 대비 저비용 시스템인 장점을 가지고 있음

○ 3상 전기자를 Mover로 활용하는 컨테이너 자동이송시스템의 경우, 차상에 탑재되는 3상 Primary는 LIM 추진시스템과 LSM 시스템이 구조적으로 동일함. 다만 트랙에 설치되는 Secondary 파트의 경우 LIM 추진시스템이 LSM 시스템 대비 저비용과 간결한 구조의 장점을 가짐 (아래표 참조)

○ LIM 추진시스템이 LSM 시스템 대비 궤도 비용 저감 및 경량화가 가능하며, 설치비용 및 유지보수 비용이 저렴하여 경제성 확보 가능하여, 본 컨테이너 자동이송시스템용 추진시스템으로 적합함

<표 5-7> 선형유도전동기와 선형동기전동기 비교

	Linear Induction Motor (LIM)	Linear Synchronous Motor (LSM)
구조		
구성품	✓ Primary : 3상 코일을 포함한 Mover 파트 ✓ Secondary : 리액션플레이트(알루미늄 or 구리판)를 포함한 Stator 파트 ✓ Secondary 파트에 별도의 전원공급 불필요	✓ Primary : 3상 코일을 포함한 Mover 파트 ✓ Secondary : 영구자석 또는 전자석으로 구성된 Stator 파트 ✓ 전자석 구조의 Secondary의 경우는 별도의 전원공급 시스템이 필요
제어성	✓ 구동을 위한 위치검지 불필요	✓ 구동을 위한 위치검지 요구 기술 복잡
전기시설비 (편성당/km당)	✓ 도시철도에 LIM 추진시스템 적용 시 ☞ 39억원	✓ 도시철도에 LIM 추진시스템 적용 시 ☞ 46억원

※ 2014년 국토부 “리니어펄스모터 기반 철도차량 추진시스템 원천기술 개발” 최종보고서 참조

② 컨테이너 자동이송시스템용 추진시스템 용량 산정

○ 지상 궤도식 및 현수 궤도식 자동이송시스템용 추진시스템의 설계 기본 조건은 다음과 같음

- 컨테이너 40FT 하중 : 30 톤
- 최고 운행속도 / 평균 운행속도 : 60 / 40 km/h
- 기동 가속도 : 3.6 km/h/s
- 공급 전압 : DC 750 V

○ 추진시스템의 용량 및 크기를 결정하기 위한 기본 설계를 수행

○ 상기의 조건을 만족시키기 위한 차량 당 견인 용량은 240kW임

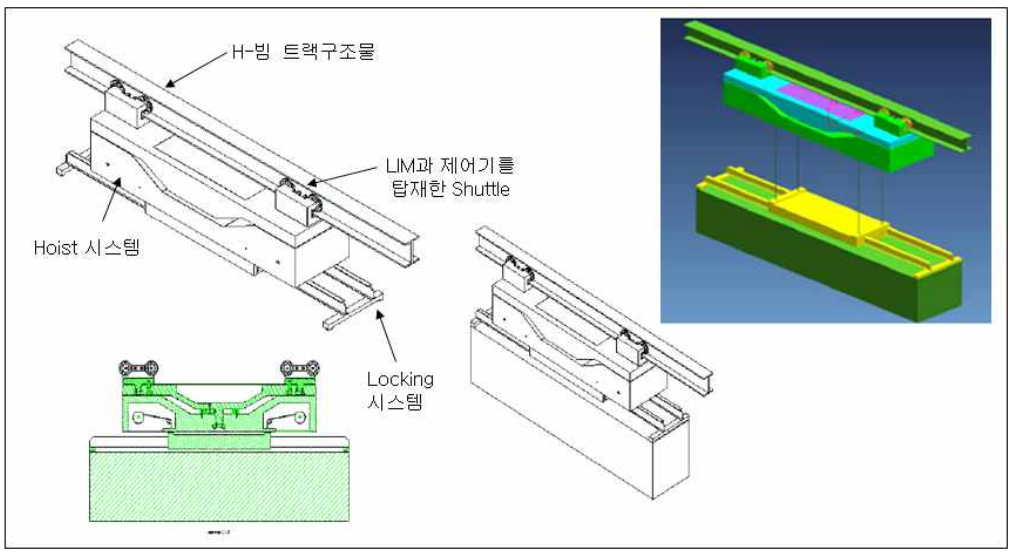
○ 지상 궤도식 시스템용 차량에 있어서, 회전형전동기 방식의 경우는 구조적으로 120 kW급 전동기 2개가 요구되며, 선형전동기 방식의 경우는 240kW급 선형전동기 1개가 요구됨

○ 현수 궤도식 시스템용 차량은 회전형/선형전동기 방식 모두 구조적으로 120 kW급 전동기 2개가 요구됨

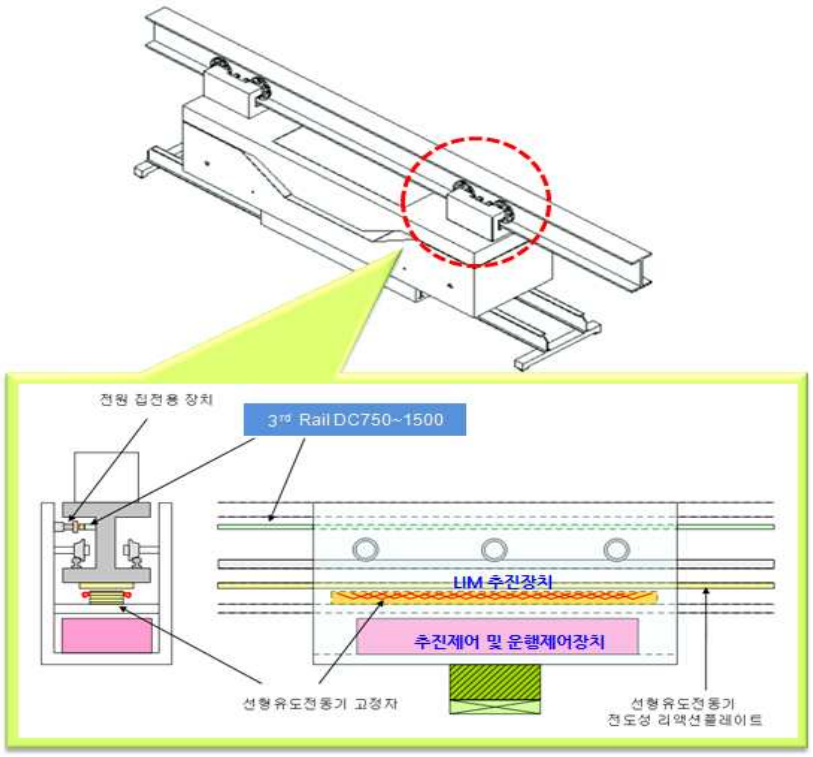
○ 표 5-7에 현수 궤도식 컨테이너 자동이송시스템용 LIM 설계 결과를 정리함

○ 설계된 LIM의 Set당 정격용량은 120kW이며, LIM Primary의 사이즈는 길이/폭/높이가 2.2m/0.25m/0.1m임

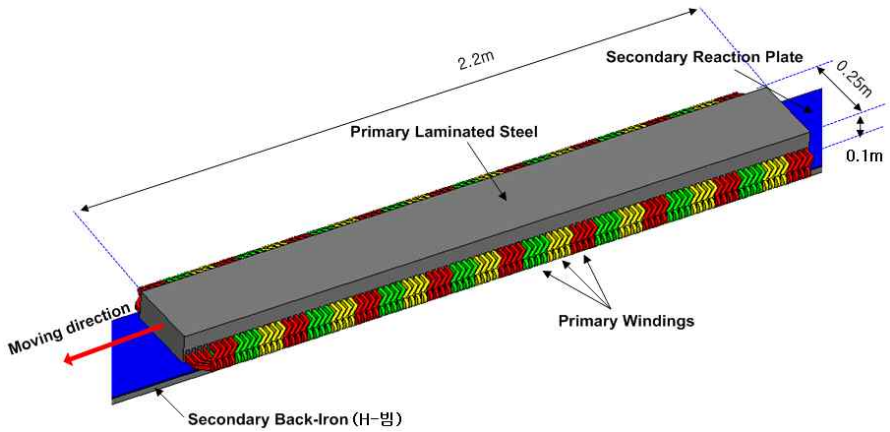
○ 240kW급 LIM Primary의 사이즈는 길이/폭/높이가 2.2m/0.5m/0.1m임



<그림 5-6> 선형전동기 추진방식을 이용한 현수 궤도식 컨테이너 자동이송시스템 구성도



<그림 5-7> 현수 궤도식 컨테이너 자동이송시스템의 추진장치 구성도



<그림 5-8> 현수 궤도식 컨테이너 자동이송시스템용 LIM 기본 설계 모델

<표 5-8> 현수 궤도식 컨테이너 자동이송시스템용 LIM 설계 결과

항목	내용
추진 타입	선형유도전동기 (LIM)
정격용량	120 kW x 2 Set
평균운영속도	40 km/h
DC-Link 전압	750 Vdc
정격주파수	21.2Hz
상수 / 극수	3 / 8
공극 길이	9 mm
Primary 길이 / 폭 / 높이	2.2 m / 0.25 m / 0.1 m
Primary 무게	401 kg
리액션 플레이트 두께 / 폭	0.005 m / 0.325 m
정격 추력	19 kN/set

③ 추진방식별 구성품 단가 분석

○ 본 기획연구에서는 먼저 내륙물류기지용 컨테이너 자동이송시스템 구축을 위하여 추진 방식별 구성품 단가 분석을 추진함

○ 표 5-8는 컨테이너 자동이송시스템 구축을 위한 추진방식별 구성품 단가 분석 결과를 보여줌

○ 차량비용 분석

- 동일 용량에서 회전형전동기와 선형전동기의 Primary 비용 동일 설정
- 전력변환장치 비용은 회전형전동기와 선형전동기 동일 설정
- 지상 궤도용 차량은 2012년도 “컨테이너 이단적재열차 도입 타당성 재검토 연구” 최종보고서를 참조하여 물가상승률을 고려하여 0.7억/대으로 산정
- 현수 궤도용 차량은 Hoist / Locking 시스템을 포함하여 1억원/대으로 산정

○ 지상 궤도 비용의 산출 근거는 다음과 같음

- 지상 궤도 구축 비용 = 노반 + 궤도 + 전력 + 신호 + 통신 비용
- 노반 공사 비용 = 토공 일반구간 + 정거장 토공부 간선 2홈 2선
- 지상 궤도 비용은 2007년 철도시설 표준공사비를 참조하였으며, 물가인상률을 고려하여 산출함
- 기존 궤도 이용률 50 % 고려

○ 현수형 궤도는 총 구축 길이 20km로, H빔 구조물 구축 비용과 컨테이너 운송차량에 전력공급을 위한 3rd 레일 구축 비용과 분기시스템 비용을 포함

- H-빔 건설비(분기라인/시스템 포함) : 111.4억원/km
- 3rd Rail 건설비(가선전압 750Vdc 기준) : 2.6억원/km
- LIM AL-리액션 플레이트 건설비 : 5억원/km

○ 신호 및 통신설비 비용 분석

- 무선통신 안테나 비용 : 0.02억원/대
- 관제장치 비용 : 25억원/개소 ＊ 1개소 = 25억원
- 차상신호장치 비용 : 0.5억원/대
- 기타 관로, 케이블, 접지, 전원 및 광통신망 비용 : 5억원/식 = 5억원

<표 5-9> 컨테이너 자동이송시스템 구축을 위한 추진방식별 구성품 단가 분석 결과

구 분	회전형 전동기 방식			선형 전동기 방식		
	구성품	단가	합계	구성품	단가	합계
차량(지상형)	회전형 전동기	0.6억	2.2억/대	리액션 플레이트	0.1억	0.8억/대
	인버터	0.9억		대차 (In-Track 방식)	0.7억	
	대차	0.7억				
차량(현수형)	회전형 전동기	0.6억	2.5억/대	선형 전동기	0.6억	2.5억/대
	인버터	0.9억		인버터	0.9억	
	대차 (Hoist, Locking 기능 포함)	1억		대차 (On-Board 방식)	1억	
궤도(지상형) 건설길이 : 3.1km	단선 철도 일반부 (2007년 대비 물가 상승률 고려)	199억	199억/km	단선 철도 일반부	199억	334억/km
				지상 LIM Prim. (In-Track 방식)	135억	
궤도(현수형) 건설길이 : 20km	H빔 구조물 (분기시스템 포함)	111.4억	114억/km	H빔 구조물 (분기시스템 포함)	111.4억	119억/km
				3rd 레일	2.6억	
	3rd 레일	2.6억		리액션 플레이트 (On-Board 방식)	5억	
관제 및 신호/통신	무선통신 안테나	0.02억	0.02억/대	무선통신 안테나	0.02억	0.02억/대
	관제장치	25억	25억/개소	관제장치	25억	25억/개소
	차상신호장치	0.5억	0.5억/대	차상신호장치	0.5억	0.5억/대
	기타 관로, 케이블, 접지, 전원 및 광통신망	5억	5억/식	기타 관로, 케이블, 접지, 전원 및 광통신망	5억	5억/식

③ 추진방식별 시스템 구축 총비용 분석

○ 추진방식별 컨테이너 자동이송시스템의 구축 비용 분석 조건은 다음과 같음

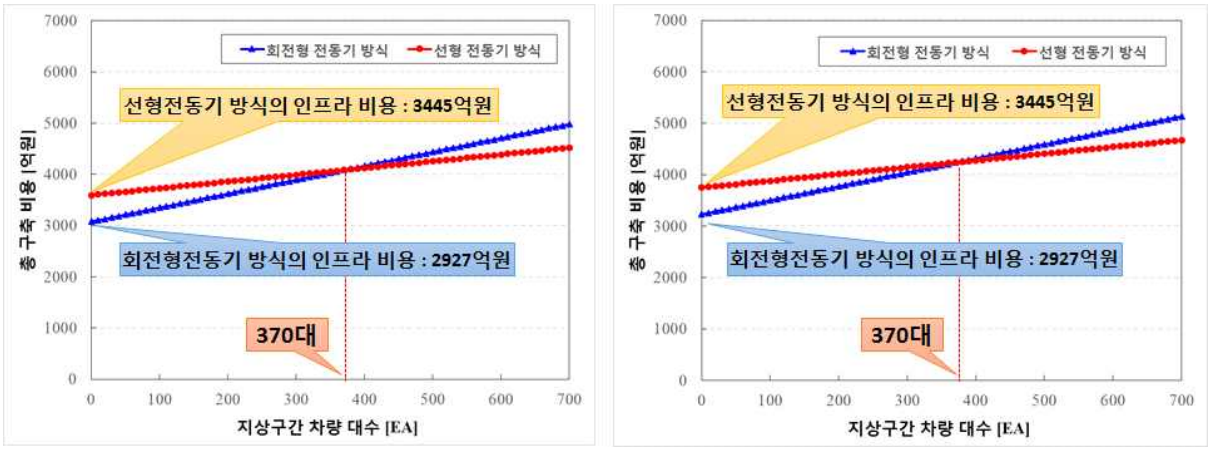
- ✓ 지상형 차량 총 대수 : A
- ✓ 현수형 차량 총 대수 : B
- ✓ 지상형 궤도 구축 총 길이 : 3.1km
- ✓ 현수형 궤도 구축 총 길이 : 20km
- ✓ 구축비용 계산 수식은 다음과 같음

> **구축 총비용 =** (지상형차량 단가 x A) + (현수형차량 단가 x B) + (지상궤도 단가 x 3.1) + (현수형궤도 단가 x 20) + {무선통신 안테나+차상신호장치 x (A+B) + 관제 및 기타 비용(1식)}

- ✓ 회전형 전동기 방식의 총 비용 계산 수식 ☞ 2.72A+3.02B+2927 (억원)
- ✓ 선형 전동기 방식의 총 비용 계산 수식 ☞ 1.32A+3.02B+3445 (억원)

○ 추진방식별 컨테이너 자동이송시스템의 구축 비용 분석 결과는 다음과 같음

- ✓ 그림 5-9은 컨테이너 자동이송시스템의 의왕 ICD 적용 시 추진방식별 구축 비용 분석 결과를 보여줌
- ✓ 회전형 전동기 방식의 인프라 구축 비용 : 2927 억원
- ✓ 선형전동기 방식의 인프라 구축 비용 : 3445 억원
- ✓ 의왕 ICD 적용 시, 지상궤도 차량이 370대 이하로 운영될 경우는 회전형 전동기 방식이 구축 비용이 저렴함
- ✓ 선형 전동기 방식은 지상궤도 차량이 370대 이상으로 운영될 경우에 저렴함



(a) Case 1(좌) : 현수차량 대수 50대(1, 2 터미널 각 25대)
(b) Case 2(우) : 현수차량 대수 100대(1, 2 터미널 각 50대)

<그림 5-9> 컨테이너 자동이송시스템의 의왕 ICD 적용 시 추진방식별 구축 비용 분석 결과

○ 의왕 ICD 적용 시 추진방식별 컨테이너 자동이송시스템의 구축 비용 분석 결과는 다음과 같음

✓ 컨테이너 자동이송시스템을 의왕 ICD에 설치하기 위한 지상 궤도 노선은 기존 노선 50 % 활용과 단선 노선을 고려하여 3.1 km로 고려

✓ 컨테이너 자동이송시스템의 최고 운행속도는 60km/h, 평균 운행속도는 40km/h로 고려하면, 의왕 ICD의 경우, 지상형 궤도 구간이 총 6.2km로 차량 간격을 100m로 할 경우 최대 62대가 필요하며, 50m 간격으로 할 경우 124대가 필요함

✓ 구축 비용 분석 결과, 선형전동기 방식이 회전형 전동기 방식에 비해 344~431억 가량 더 소요됨

<표 5-10> 의왕 ICD 적용 시 추진방식별 컨테이너 자동이송시스템의 구축 비용 분석 결과

구 분	현수차량 대수 50대 (1, 2 터미널 각 25대)			현수차량 대수 100대 (1, 2 터미널 각 50대)		
	회전형 전동기 방식	선형 전동기 방식	비용 차이	회전형 전동기 방식	선형 전동기 방식	비용 차이
지상차량 간격 100m (차량 62대)	3,247 억원	3,678 억원	431 억원	3,398 억원	3,829 억원	431 억원
지상차량 간격 50m (차량 124대)	3,415 억원	3,760 억원	344 억원	3,911 억원	3,911 억원	344 억원

라. 의왕 ICD 적용 시 실제 컨테이너 물동량을 고려한 컨테이너 자동이송 시스템 구축 비용 분석

○ 의왕 ICD 컨테이너 물동량을 고려한 컨테이너 자동이송시스템용 차량 대수 산정을 위한 기본 조건은 다음과 같음

① 컨테이너 자동이송시스템을 의왕 ICD에 설치하기 위한 지상 궤도 노선은 기존 노선 50 % 활용과 단선 노선을 고려하여 3.1 km로 고려하고, 현수 궤도는 직선궤도 22개로 총 20km로 고려

② 컨테이너 자동이송시스템 운영속도
- 지상궤도 구간에서의 최고 운행속도는 60km/h, 표정 운행속도는 40km/h
- 지상궤도 구간에서의 최고 운행속도는 30km/h, 표정 운행속도는 20km/h

③ 의왕 ICD의 지상형 궤도 구간이 총 6.2km로 차량 간격을 300m로 할 경우 최대 21대가 필요하며, 고가궤도에서는 직선궤도가 22개로 궤도당 2대씩 44대가 필요함

<표 5-11> 의왕 ICD 적용 시 실제 물동량을 고려한 컨테이너 자동이송시스템용 차량 소요 대수 산정 결과

항 목	값	단위
의왕 ICD 일 평균 물동량	1,000	TEU
의왕 ICD 일 운영 시간	24	hour
의왕 ICD 시간당 요구 물동량	42	TEU/h
터미널당 시간당 요구 물동량	21	TEU/h
지상 Vehicle 최고운영속도	60	km/h
지상 Vehicle 표정속도	40	km/h
고가 Vehicle 최고운영속도	30	km/h
고가 Vehicle 표정속도	20	km/h
Vehicle 가/감속도	1.5/2.0	km/h/s
지상궤도 주행거리	6.2	km
지상궤도 주행시간	442	sec
지상-고가 환승장 환승처리시간	90	sec
고가궤도 주행거리	0.91	km
고가궤도 주행시간	254	sec
고가-하역장 처리시간	90	sec
지상-고가 컨테이너 1 Cycle 소요 총 시간	876	sec
	14.6	min
요구 지상형 Vehicle대수	21	EA
요구 현수형 Vehicle대수	44	EA

○ 의왕 ICD 컨테이너 물동량을 고려한 추진방식별 컨테이너 자동이송시스템의 구축 비용 분석 조건은 다음과 같음

✓ 지상형 차량 총 대수 : 21대

✓ 현수형 차량 총 대수 : 44대

✓ 지상형 궤도 구축 총 길이 : 6.2km

✓ 현수형 궤도 구축 총 길이 : 20km

✓ 구축비용 계산 수식은 다음과 같음

구축 총비용 = (지상형차량 단가 x 21대) + (현수형차량 단가 x 44대) + (지상궤도 단가 x 3.1km) + (현수형궤도 단가 x 20km) + {무선통신 안테나+차상신호장치 x (21대+44대) + 관제 및 기타 비용(1식)}

✓ 회전형 전동기 방식의 총 비용 계산 수식 ☞ 3,117 (억원)

✓ 선형 전동기 방식의 총 비용 계산 수식 ☞ 3,606 (억원)

○ 의왕 ICD의 물동량을 고려한 구축 비용 분석 결과, 선형전동기 방식이 회전형 전동기 방식에 비해 489억 가량 더 소요됨

<표 5-12> 의왕 ICD 적용 시 실제 물동량을 고려한 추진방식별 컨테이너 자동이송시스템의 구축 비용 분석 결과

구 분	현수차량 대수 44대 (1, 2 터미널 각 22대)		
	회전형전동기 방식	선형전동기 방식	비용차이
지상차량 간격 300m (차량 21대)	3,117 억원	3,606 억원	489 억원

3. 경제적 타당성 분석 개요

○ 경제적 타당성 분석에서의 편익 및 비용은『도로・철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정・보완연구 제5판』(2008, 한국개발연구원)에 명시된 내용을 기준으로 산정함

○ 경제적 타당성 분석의 기준년도는 2017년으로 설정하였으며 기준년도에 대한 편익 및 비용 산정하여 적용함

- 『도로・철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정・보완 연구(제5판)』(KDI, 2008)에 제시된 철도건설 평균단가는 2007년 기준 단가이므로 2017년으로 보정이 필요함
- 비용은 건설업 Deflator 보정 지수값을 적용하며 편익은 소비자물가지수 보정 지수값을 적용하여 2017년도의 단위금액으로 보정함

<표 5-13> 비용 및 편익 보정지수

연도	비용보정지수 (건설업 GDP Deflator)	편익보정지수 (소비자 물가지수)
2006	92.002	80.202
2007	94.976	82.235
2008	96.830	86.079
2009	97.918	88.452
2010	100.000	91.051
2011	105.692	94.717
2012	110.158	96.789
2013	114.643	98.048
2014	119.118	99.298
2015	124.846	100.000
2016	128.349	100.970
2017	-	102.930

주: 1) 건설업 GDP Deflator지수(2010=100), 국내총생산에 대한 지출항목 중 건설투자 항목 이용
2) 소비자물가지수(2015=100), 전국 기준

자료: 한국은행 경제통계시스템(http://ecos.bok.or.kr/)

○ 본 이송시스템 도입시 기존에 화물자동차 통행을 위한 부지, 물류장비들의 작업을 위한 부지들을 컨테이너 장치부지로 활용 가능함에 따라 컨테이너 물동량이 대폭 증가됨

- 본 연구에서는 기존의 부지면적 대비 장치면적 비율이 39%에서 70%로 상향되는 것으로 가정함

○ 이렇게 증가된 컨테이너 물동량을 기존 시스템으로 처리하는 대안과 본 이송시스템

으로 처리하는 대안 간의 차이에 초점을 두고 분석을 수행함

○ 의왕ICD로 진입·출입하는 컨테이너 화물자동차로 인한 주변 교통혼잡은 고려하지 않음

○ 컨테이너 화물자동차는 왕복통행 기준으로 한 방향에 대하여 적컨테이너 운행을 하는 것으로 가정

○ 장치장 가동률은 100%로 가정함

4. 편익 산정

가. 산정방법

○ 편익은 해당 시스템의 도입 전과 후의 비용절감분 차이로 산정됨

- 본 시스템 적용으로 인한 운송속도 개선(운송속도 2배 증가)을 반영

○ 편익은 간접편익은 제외한 직접편익을 위주로 산정을 하며, 직접편익 중 영향력이 미미하거나 정량적 산정이 어려운 항목은 제외함

〈표 5-14〉 편익 분석 항목

구분	항목	비고
직접편익	- 차량운행비용 절감 편익: 유류비, 엔진오일비, 타이어비, 유지정비비, 감가상각비의 차이 - 통행시간 절감 편익: 통행시간의 차이를 시간가치로 환산 - 환경비용 절감 편익: 대기오염, 온실가스, 소음의 차이를 비용으로 환산 - 화물시간가치 편익: 화물 자체의 통행시간 차이를 비용으로 환산 - 하역비절감 편익: 하역자동화로 인한 물류비 절감	편익분석 반영
	- 교통사고 감소 편익: 교통사고 비용의 차이 - 혼잡비용 절감편익: 화물차 통행으로 인한 혼잡완화 효과를 비용으로 환산 - 도로유지관리비용 절감편익: 화물자동차 감소로 인한 효과를 비용으로 환산	편익분석 미반영
간접편익	- 지역개발 효과 - 시장권의 확대 - 지역 산업구조의 개편 등	편익분석 미반영

○ 『도로·철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구 제5판』(2008, 한국개발연구원)에서 제시된 원단위들의 기준년도는 2007년이므로 소비자물가지수를 적용하여 2017년으로 환산함

- 편익 항목은 모두 화폐단위로 환산하고 분석 기준년도의 불변가격을 적용하고 기준원단위는 평균물가상승률을 적용하고 기준년도 원단위로 보정하여 적용
- 화물자동차에서 철도로 전환된 물동량 규모에 따른 편익은 편익 항목별 원단위를 적용하여 산정

나. (터미널간) 차량운행비용 절감 편익

○ 본 이송시스템을 도입함에 따라 의왕 ICD 제1터미널과 제2터미널 간의 화물자동차 화물자동차 통행의 감소분에 대한 차량운행비용 절감분 산정

○ 다음 산정식에 따라 차량운행비용 절감편익을 산정함

- 차종은 화물자동차만을 대상으로 하며, 링크주행속도는 20km로 적용
- 현행 의왕ICD 터미널 간 화물자동차운행거리는 왕복 4.4km로 적용
- 컨테이너 화물자동차 단위 통행시 평균 1.5TEU를 운송하는 것으로 가정

$$VOCS = VOC_{\text{사업미시행}} - VOC_{\text{사업시행}}$$

여기서, $VOC = \sum_{l}\sum_{k=1}^{3}(D_{lk} \times VT_k \times 365)$

D_{lk} : 링크별(l), 차종별(k) 대-km

VT_k : 차종별(k) 해당 링크 주행속도의 km당 차량운행비용

k : 차종(1:승용차, 2:버스, 3:화물자동차)

○ 차량운행비용 원단위는 예비타당성조사지침(5판)에 제시되어 있는 2007년 기준 통행시가치를 2017년으로 보정하여 적용함

다. 통행시간 절감 편익

○ 네트워크의 속도향상에 따라서 절감된 시간을 가치화하는 것으로 본 시스템의 도입으로 인하여 감소된 내부 통행시간 절감분을 산정함

- 본 시스템의 시행 전·후의 통행시간 차이와 통행량을 곱한 값에 통행시간가치를 적용하여 계산
- 화물자동차 통행시간가치와 의왕ICD 진입대기시간 및 상하차시간을 포함한 평균통행시간 차이를 반영함

○ 다음 산정식에 따라 통행시간 절감편익을 산정함

- 차종은 화물자동차만을 대상으로 함
- 의왕ICD로 진입할 때부터 진출할 때까지의 화물자동차 통행시간을 본 궤도운송시스템을 적용하기 전·후에 대하여 비교함
- 궤도운송시스템을 적용할 경우 화물자동차 상하차 지역을 일원화함으로써 상하차에 들이는 시간을 대폭 단축하고 화물자동차 간 상충을 없앰으로써 통행시간을 절감할 수 있음
- 화물자동차 운송시 상하차대기시간 및 ICD진입대기시간이 더 걸리는 것으로 가정함
- 궤도운송시스템 적용시 절감되는 통행시간 : 상하차대기시간 10분, ICD진입대기시간을 포함한 상하차지역까지의 통행시간 30분

$$VOTS = VOT_{\text{사업미시행}} - VOT_{\text{사업시행}}$$

여기서, $VOT = \sum_{l}\sum_{k=1}^{4}(T_{kl} \times P_k \times Q_{kl} \times 365)$

T_{kl} : 링크 l의 차종별 인별 통행시간
P_k : 차종별 인별 시간가치
Q_{kl} : 링크 l의 차종별 인별 통행량
k : 차종(1:승용차, 2:버스, 3:화물자동차), 인(4:철도)

○ 통행시간가치 원단위는 예비타당성조사지침(5판)에 제시되어 있는 2007년 기준 통행시가치를 2017년으로 보정하여 적용함

라. 화물시간가치 절감 편익

○ 화물의 시간가치는 화주가 한 단위의 통행시간을 단축하기 위하여 기꺼이 지불할 용의가 있는 금액으로서 화물의 통행시간 절감에 따라 화물의 가치하락을 절감할 수 있음

- 본 시스템을 도입함으로써 발생된 화물의 통행시간 절감분에 화물시간가치를 적용하여 산정함

○ 본 이송시스템을 이용할 경우 오봉역에서 의왕 ICD 내부로 기존 철도를 이용하여 운송하는 경우와 비교할 때 인입시간이 약 40분 단축되는 것으로 가정함

○ 본 연구에서는 컨테이너 화물에 대한 화물시간가치를 적용하며 화물시간가치 원단위는 선행 연구에서 도출된 값을 적용함

- 한국철도시설공단(2008) 고속철도 개통 시너지 효과 극대화를 위한 철도시설 개량 방안 연구, 최창호 외(2008) “철도 화물 수송수단 선택 특성 연구” 에서 제시된 값을 사용
- 컨테이너 화물의 시간가치는 14,387원/FEU으로 적용

○ 선행연구에서 제시된 화물시간가치는 2007년 기준으로 작성되었으므로 소비자 물가지수를 적용하여 분석 기준연도인 2017년으로 보정함

○ 다음 산정식에 따라 화물시간가치 절감편익을 산정함

- 차종은 대형화물자동차만을 대상으로 함

$$VOTS_{화물} = VOT_{사업미시행} - VOT_{사업시행}$$

여기서, $VOT = \sum_{l}\sum_{k=1}^{4}(T_{kl} \times P_k \times Q_{kl} \times 365)$

T_{kl}: 링크 l의 통행시간
P_k: 수단별 화물시간가치
Q_{kl}: 링크 l의 통행량
k: 차종(1: 소형화물자동차, 2: 중형화물자동차, 3: 대형화물자동차, 4: 철도)

마. 환경비용 절감 편익

○ 교통물류사업의 시행에 따른 환경 영향은 대기오염, 수질오염, 소음, 진동, 지반침하, 식물 및 동물 등 생태계 영향, 경관변화, 지구온난화 등으로 나타날 수 있으나 이 중 영향의 정도가 비교적 크고 환경 영향에 대한 정량적 평가 및 가치화가 용이한 대기오염에 초점을 맞추어 환경비용을 산정함

① 대기오염 절감 편익

○ 대기오염비용은 분석대상 사업 범위 내에서 주행하는 차량의 주행속도와 교통량을 이용하여 주행속도에 따른 대기오염비용 원단위를 적용하여 산정함
- 분석 범위에서 있는 도로망에서의 차종별 교통량과 통행길이를 곱한 값에 평균속도별, 차종별 대기오염 비용 원단위와 곱하여 대기오염비용을 산정함
- 실제 오염물질별로 배출계수와 대기오염비용 원단위가 상이하게 계산될 수 있음

○ 다음 산정식에 따라 대기오염 절감편익을 산정함
- 차종은 화물자동차만을 대상으로 함
- 대기오염비용 원단위는 예비타당성조사지침(5판)에 제시되어 있는 차종별, 속도별 대기오염비용 원단위 중 대형화물자동차 10km/h 원단위를 적용하였음

$$VOPCS = VOPC_{사업미시행} - VOPC_{사업시행}$$

여기서, $VOPC = \sum_{l}\sum_{k=1}^{3}(D_{lk} \times VT_k \times 365)$

D_{lk} : 링크별(l), 차종별(k) 대-km
VT_k : 차종별(k) 해당 링크 주행속도의 km당 대기오염비용
k : 차종(1:승용차, 2:버스, 3:화물자동차)

○ 대기오염비용 원단위는 2007년 기준으로 작성되었으므로 소비자 물가지수를 적용하여 분석 기준연도인 2017년으로 보정함

바. 하역비 절감 편익

○ 하역비용은 화물을 화물차량 또는 화물철도에 상차 또는 하차할 때 발생하는 비용으로서 인력으로 상하차하는 경우, 기계설비를 이용하는 경우, 자동화하는 경우에 따라 단위물동량 당 하역비는 차이가 발생함

○ 본 이송시스템을 적용할 경우 화물철도와 화물자동차에서의 상하차를 이송시스템을 이용한 상하차로 대체됨에 따라 기존에 소요되는 하역비가 절감됨

○ 하역비는 한국철도공사의 화물운임표를 기준으로 하여 적용함

- 컨테이너 40ft 기준 하역료(상하차료)는 21,100원, 컨테이너 20ft 기준 하역료(상하차료)는 15,700원을 적용
- 컨테이너 물동량 중 30%는 20ft 컨테이너로 운송되며 70%는 40ft 컨테이너로 운송되는 것으로 가정

사. 기타 편익

○ 앞에서 다루었던 편익 이외에도 교통사고비용 절감 편익, 혼잡비용 절감 편익, 도로유지관리비용 절감 편익, 소음 절감 편익 등을 고려할 수 있으나 대상사업의 특성상 해당 편익들이 미치는 영향이 두드러지지 않는 것으로 판단하여 포함하지 않음

아. 편익 추정 결과

○ 편익추정 결과는 다음과 같음

<표 5-15> 편익추정 결과

단위: 백만 원/년

구분	운행비용 절감편익	통행시간 절감편익	화물시간 가치편익	대기오염 절감편익	하역비 절감편익	합계
2024년	145	6,399	4,571	753	8,680	20,549
2034년	175	7,694	5,497	906	10,436	24,707
2044년	210	9,251	6,609	1,089	12,548	29,707
2054년	253	11,123	7,946	1,310	15,087	35,719

5. 비용 산정

가. 산정 방법

○ 비용 추정은 사업을 시행하는데 드는 총 비용에 대하여 이루어짐

○ 비용 항목은 크게 총사업비와 운영비로 구성되며, 각 사업별로 사업의 특성에 따라 항목을 추가하거나 제외할 수 있음

- 일반적으로 비용항목은 공사비(노반, 궤도, 시스템), 부대비(설계비, 감리비, 조사비 등), 용지보상비, 예비비로 구성된 건설비와 하역시설, 선로, 차량 등의 유지관리비용 및 운행에 필요한 시스템 차량구입비용 등으로 구성됨

○ 본 연구에서는 회전형 전동기 방식과 선형 전동기 방식, 두 가지 대안에 대하여 비용을 산정하였음

- 비용 항목도 평균물가상승률을 적용하고 기준년도 가치로 보정하여 적용함
- 비용의 산정방법은 예비타당성조사지침(제5판) (2008, 한국개발연구원)에 명시된 사항을 준수함

○ 비용 추정에 적용될 비용 항목 및 단위비용은 다음과 같음

<표 5-16> 비용 항목 및 원단위

구 분	회전형 전동기 방식			선형 전동기 방식		
	구성품	단가	합계	구성품	단가	합계
차량(지상형)	회전형 전동기	0.6억	2.2억/대	리액션 플레이트	0.1억	0.8억/대
	인버터	0.9억		화차 (In-Track 방식)	0.7억	
	화차	0.7억				
차량(현수형)	회전형 전동기	0.6억	2.5억/대	선형 전동기	0.6억	2.5억/대
	인버터	0.9억		인버터	0.9억	
	대차 (Hoist, Locking 기능 포함)	1억		대차 (On-Board 방식)	1억	
궤도(지상형)	단선 철도 일반부 (2007년 대비 물가상승률 고려)	199억	199억/km	단선 철도 일반부	199억	334억/km
				지상 LIM Prim. (In-Track 방식)	135억	
궤도(현수형)	H빔 구조물 (분기시스템 포함)	111.4억	114억/km	H빔 구조물 (분기시스템 포함)	111.4억	119억/km
				3rd 레일	2.6억	
	3rd 레일	2.6억		리액션 플레이트 (On-Board 방식)	5억	
관제 및 신호/통신	무선통신 안테나	0.02억	0.02억/대	무선통신 안테나	0.02억	0.02억/대
	관제장치	25억	25억/개소	관제장치	25억	25억/개소
	차상신호장치	0.5억	0.5억/대	차상신호장치	0.5억	0.5억/대
	기타 관로, 케이블, 접지, 전원 및 광통신망	5억	5억/식	기타 관로, 케이블, 접지, 전원 및 광통신망	5억	5억/식

주: 궤도 비용 산출 근거 - 노반(토공 일반구간 + 정거장 토공부 간선 2홈 2선)+궤도+전력+신호+통신 비용 (2007년 철도시설 표준공사비 참조)

○ 차량은 대당 비용으로, 궤도는 km당 비용으로, 무선통신안테나/차상신호장치는 대당 비용으로, 관제 및 기타 시스템은 1식으로 산정함

- 의왕 ICD의 경우 지상형 궤도는 총 6.2km, 현수형 궤도는 총 20km가 투입되는 것으로 산정
- 단, 지상 궤도 노선은 기존 노선 50 % 활용과 단선 노선을 고려하여 3.1 km로 적용
- 궤도 비용에는 궤도, 노반, 정거장 비용이 포함되어 있음
- 지상차량은 총 21대, 현수차량은 총 44대를 투입하는 것으로 산정

○ 시스템 운영비용은 아래 출처를 인용하여 단위시간당 8,000TEU당 $12.32로 적용함

- Laurence Rohter et al.(2007) Automated shipping container transportation system design for chicago

<표 5-17> 비용 산정결과

단위: 억원

구분	건설비(궤도)		차량구입비		관제신호통신	운영비	합계
	지상형	현수형	지상형	현수형			
회전형 전동기	616.9	2,280	46.2	110	63.8	869.07	3,986
선형 전동기	1,035.4	2,380	16.8	110	63.8	1,024.6	4,630.6

6. 경제성 분석

가. 평가기준

○ 본 연구에서는 경제성 분석을 하기 위해『도로·철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제5판)』(한국개발연구원, 2008)에 따라 평가기준을 설정함

- 사업기간: 2020년～2023년(4년)
- 분석기간: 사업기간 및 개통 후 40년(2024년～2063년)
- 사회적 할인율: 5.5% 적용

나. 분석방법

○ 경제성 분석은 비용과 편익을 화폐가치로 환산하여 비교・분석함으로써 경제적인 타당성을 추정하는 것으로, 분석과정에서 평가자의 주관이 개입될 여지가 적고 균일한 척도로 비교가 가능한 비용・편익분석에 의해 산정함

- 본 연구에서는 경제성 분석의 평가지표로 편익/비용비율(B/C Ratio), 순현재가치(NPV)를 사용함

○ 편익/비용 비율(B/C)

- 편익/비용 비율이란 총편익과 총비용의 할인된 금액의 비율, 즉 장래에 발생될 비용과 편익을 현재가치로 환산하여 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 것이며, 일반적으로 편익/비용 비율 ≥1이면 경제성이 있다고 판단함

○ 순현재가치(NPV)

- 순현재가치(Net Present Value, NPV)는 사업에 수반된 모든 비용과 편익을 기준년도의 현재가치로 할인하여 총편익에서 총비용을 제한 값이며, 순현재가치 ≥0이면 경제성이 있다고 판단함

$$\text{편익・비용비율}(B/C\text{비}) = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t} \Big/ \sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

$$\text{순현재가치}(NPV) = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

여기서, B_t = 매년도 편익
C_t = 매년도 비용
r = 실질할인율(5.5%)
n = 분석기간

다. 경제성 분석결과

○ 회전형 전동기와 선형 전동기 대안에 대하여 경제성 분석결과를 살펴보면, 두 대안의 경우 경제적 타당성을 확보하지 못한 것으로 산출됨

○ 특히 건설비의 차이로 인하여 선형 전동기보다 회전형 전동기를 적용한 경우의 경제적 타당성이 부족한 것으로 산출됨

○ 단, 의왕ICD 컨테이너 처리속도 개선에 따라 컨테이너 화물자동차로 인한 주변 도로망의 교통혼잡 감소, 의왕 ICD 내부 운송방식 변경에 따른 내부도로유지관리비용 절감, 소음절감, 사고감소 등에 대한 편익은 고려하지 않았으므로 추후 경제성 개선의 여지가 있음

<표 5-18> 시나리오별 경제적 타당성 분석 결과

구분	회전형 전동기	선형 전동기
총 할인편익(억원)	3,633	3,633
총 할인비용(억원)	3,100	3,625
B/C	**1.172**	**1.002**
NPV (억원)	533	8

제 6 장 연구개발과제 구성 및 추진전략

제 1 절 비전 및 목표

1. 비전

○ 본 과제는 내륙물류기지 및 배후물류단지의 친환경적 물류체계 구축을 위하여 리니어 추진(LM) 및 네트워크(IT) 기술을 기반으로 지상중심의 통합제어시스템을 구현하는 “친환경 컨테이너 이송시스템 기술 개발”이라는 비전을 설정하였고, 이에 따른 미션, 목표, 전략을 설정하였음

○ 연구의 전략적 목표는 “물류 운영 최적화 기술”, “LM 기반 컨테이너 이송시스템 기술”, “네트워크 기반 통합제어시스템 기술” 개발을 통해 컨테이너 이송속도 50% 향상 및 시간당 처리량 50% 향상 등 컨테이너 이송시스템에 대한 선도적 기술개발을 목표로 설정하였음

○ 아래의 연구분야에 대한 연구개발 목표를 달성하기 위한 전략으로는 철도 관제 기술을 이용한 물류 운영 최적화 기술 확보, 회전형(Rotary Motor, RM) 및 선형(Linear Motor, LM) 추진시스템에 대한 적용기술 확보, 네트워크 기반의 사이버 보안을 고려한 통합제어시스템에 대한 종합인터페이스 기술 확보 등 각 분야별로 연구개발기간 중에 달성 가능하도록 목표를 제시하였음



<그림 6-1> 연구개발의 비전

2. 연구목표 및 세부과제별 목표

가. 최종 목표

○ 내륙물류기지 및 배후물류단지의 친환경적 자동화 물류체계 구축을 위한 리니어추진(LM) 및 네트워크(IT) 기반의 컨테이너 이송시스템 기술 개발

나. 세부과제별 목표

○ 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술개발
- 시스템 최적화 기반 실시간 운영 및 관리 최적화 기술 개발
- 물류 이송 시스템 진단 및 모니터링 기술 개발
- 물류 이송 통합 관제 기술

○ 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술개발
- 컨테이너 이송시스템 추진용 180kW급 선형유도전동기 기술 개발
- 컨테이너 이송시스템 추진용 270kVA급 경량화된 제어기 기술 개발
- 컨테이너 이송시스템용 추진시스템의 검증을 위한 성능 평가기술 개발

○ 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술개발
- 센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술 개발
- 이송차량 간 상호 충돌방지 시스템 개발
- WAVE 기술기반 컨테이너 이송차량과 통합관제 시스템과의 통신 프로토콜 설계·개발
- 사이버 및 무선 관련 보안 기술 보안 기술 개발
- 이송 차량 위치 추적 시스템 개발

제 2 절 세부과제별 주요 내용 및 추진전략

1. 물류 운영 최적화 기술 분야

가. 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발

- 시스템 최적화 기반 실시간 운영 및 관리 최적화 기술 개발
- 물류 이송 시스템 진단 및 모니터링 기술 개발
- 물류 이송 통합 관제 기술



<그림 6-2> 물류 운영 최적화 기술 구성도

나. 현황 및 미래상

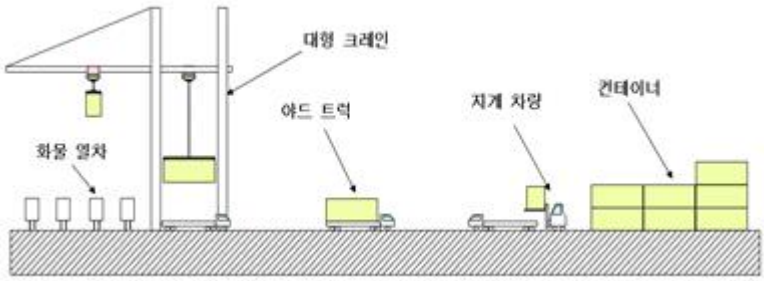
◉ 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발

현황 (As-Is)	○ 항만 및 배후단지, 내륙컨테이너기지(ICD), 철도 CY 등 물류 거점 단지 내 운송 및 하역 작업 설비(크레인, 리치 스테커, 포크리프트, 야드 트랙터 등)가 복잡하게 얽혀있어 혼잡도가 상승하고 있으며, 많은 인력의 수작업으로 진행되어 효율성이 저하되고 물류비가 상승하는 등

크고 작은 문제가 지속적으로 야기되고 있음

- 운송 및 하역 과정의 **단순화 및 무인 자동 컨테이너 이송 운송 기술 개발**이 필요

- 해외 선진국에서는 운영비용을 획기적으로 절감할 수 있고, 정시성이나 안전성을 확보할 수 있는 새로운 개념의 친환경 무인 자동 화물 운송체계를 개발 중에 있음



<그림 6-3> 기존의 환적 시스템



<그림 6-4> 기존 내륙물류기지에서의 트럭을 이용한 컨테이너 이송시스템

○ 교통물류연구사업의 중장기 추진방향

- 단절없는 물류교통(Logi Mobility)분야는 수송·하역·보관·포장 등 물류분야 프로세스 개선 및 물류에너지 감소 등을 통한 물류비용 최소화 기술 개발을 목표로 하고 있음

  : **수송 시스템 혁신 및 물류비용 절감** 기술 개발

  : **화물 처리 속도의 2배 이상 향상**을 위한 물류시설 및 장비 성능 향상 기술 개발

  : 기존의 3D 작업 환경의 안전·쾌적한 변화를 위한 인간 중심적 **물류 작업 환경 개선** 기술 개발

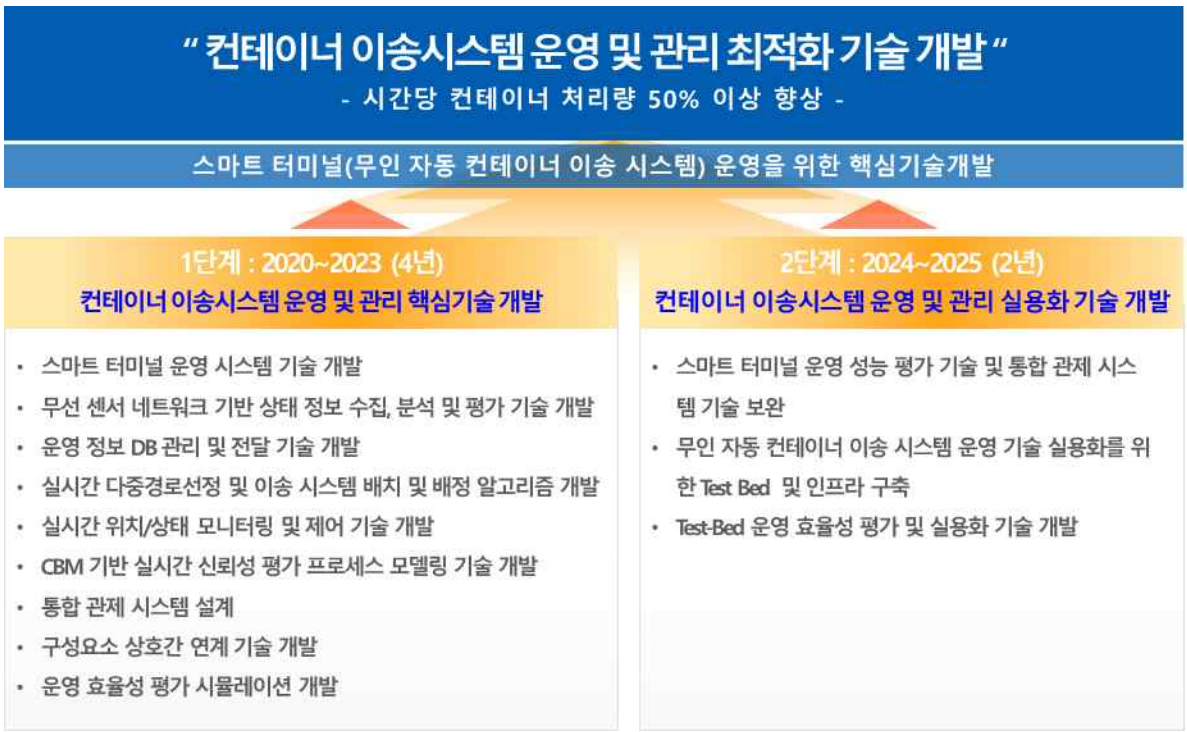
○ 국내에서는 도로, 항공, 철도 등 다양한 분야에서 시스템의 운행 현황(객체의 위치, 속도, 상태 등)을 파악하기 위한 **모니터링 위주의 관제센터가 구축**되어 운영되고 있음

- 최근에는 시스템의 상태 검지를 통한 진단 및 유지보수 지원, 원격

	제어 등으로 **운영 최적화 기술 영역**이 확대되고 있음 - 무인 자동 화물운송 체계를 현실화하기 위한 IoT기반 응용기술과 관제센터에서 다양한 의사결정에 기초하여 무인 자동화를 뒷받침하기 위한 **네트워크기반 운영관리 모델** 기술이 필요
⇩	
주요 연구 내용	○ 시스템 최적화 기반 실시간 운영 및 관리 최적화 기술 개발 • 운영 정보 DB관리 및 전달기술 • 센서 기반 다양한 상태 정보 수집, 분석 및 평가 기술 • 효율적인 이송시스템 운영을 위한 스마트 터미널 운영 시스템(STOS) 기술 • 실시간 다중경로 생성 및 최적경로 선정기술, 이송시스템 배치·배정 알고리즘 • 운송 컨테이너 물류정보와 연계한 시스템 제어 기술 ○ 컨테이너 이송 시스템 진단 및 모니터링 기술 개발 • IoT, 인공지능, 빅테이터 등 지능 정보 활용 기술 • 이송 시스템-통합 관제간 신호 및 제어명령 전달 기술 • 실시간 위치/상태 모니터링 및 제어 기술 • CBM 기반 실시간 신뢰성 평가 프로세스 모델링 기술 • 이송시스템 운용/유지보수 최적화 기술 • 이송시스템 운영 리스크 평가 기술 ○ 컨테이너 이송시스템 통합 관제 기술 • 센터기능 및 이송 시스템 요구사항 도출 • 이송 시스템의 상태 및 차량의 위치 정보, 전력 감시 등 다양한 정보의 최적화를 바탕으로 종합적인 운영 효율화 향상을 위한 복합 관제 시스템 구축 : 인프라, 이송체, 급전 및 운영 시스템 등 구성 요소 상호간 연계 기술 : 이송 시스템 운영 효율성 평가 시뮬레이션 시스템 개발 : 이송 시스템 주요부 이상 시 경고 기술 개발 : 정밀 제어 및 원격 조정 기술
⇩	
미래상 (To-Be)	○ 컨테이너 이송시스템 **운영 및 관리 최적화 기술** 개발 - 기존대비 **시간당 컨테이너 처리량 50% 이상 향상** - 복잡한 운송 및 하역 작업 설비(크레인, 리치 스테커, 포크리프트, 야드 트랙터 등)의 단순화를 통한 **터미널 혼잡도 및 위험도 감소** - 무인 자동 컨테이너 이송 시스템 구축으로 **물류 효율성 제고 및 친환경 수송 수단이용의 활성화** - 첨단 IT와 네트워크 기술을 적용한 스**마트 터미널 운영 시스템 기술** 개발을 통한 운영 효율 향상 - 컨테이너 이송 시스템의 **실시간 모니터링 및 사전 사고 위험 예측을 통한 신뢰성 및 안전성 향상** - 선진국 주도의 스마트 터미널 구축 기술의 종속에서 탈피하고 **독자적 기술 확보 및 Biz 모델 개발**

다. 세부 연구개발 과제 구성

◉ 세부과제 1 : 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발



<그림 6-5> 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발 과제 구성

◉ 컨테이너 이송 시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발(2020~2023, 4년)

세부기술	주요 추진 내용
시스템 최적화 기반 실시간 운영 및 관리 최적화 기술 개발	○ 운영 정보 DB 관리 및 전달 기술 개발 - 선행기술 검토 및 분석 - 운영 정보 DB 관리 기술 및 전달 기술 선정 - DB 관리 및 전달 모듈의 기초/상세 설계 ○ 센서 기반 상태 정보 수집, 분석 및 평가 기술 개발 - 선행기술 검토 및 분석 - 시뮬레이션 S/W 구축 및 성능 평가 ○ 스마트 터미널 운영 시스템(STOS) 기술 개발 - 선행기술 검토 및 분석 - 스마트 터미널(무인 자동화)의 요구조건 분석 - 핵심 요소기술 분석 및 구축 방안 연구 - 스마트 터미널 운영 시스템 기초/상세 설계 ○ 실시간 다중경로 생성 및 최적경로 선정기술, 이송시스템 배치·배정 알고리즘 개발 - 선행기술 검토 및 분석

	- 경로 생성 및 제어 알고리즘 설계 - 이송시스템 배치 및 배정 알고리즘 설계 - 시뮬레이션 S/W를 통한 성능 평가 ○ 운송 컨테이너 물류정보와 연계한 시스템 제어 기술 - 운송 컨테이너 물류정보 자동화 기술 개발 - 시나리오별 제어 시뮬레이션 모델링 설계 및 성능 검증
컨테이너 이송 시스템 진단 및 모니터링 기술 개발	○ IoT, 인공지능, 빅데이터 등 지능 정보 활용 기술 개발 - 선행기술 검토 및 분석 - 컨테이너 이송시스템에 적용 방안 연구 ○ 이송 시스템-통합 관제간 신호 및 제어 명령 전달 기술 개발 - 선행기술 검토 및 분석 - 통신 모듈 설계 및 성능 검증 ○ 실시간 위치/상태 모니터링 및 제어 기술 개발 - 선행기술 검토 및 분석 - 실시간 위치 및 상태 검지 시스템 요구사항 분석 - 실시간 모니터링 시스템 기초 및 상세 설계 ○ CBM 기반 실시간 신뢰성 평가 프로세스 모델링 기술 개발 - 선행기술 검토 및 분석 - 고장진단 및 예지기술 (PHM : Prognostics and Health Management) 개발 - 실시간 신뢰성 평가 시스템 모델링 및 성능평가 ○ 이송시스템 운용/유지보수 최적화 및 리스크 평가 기술 개발 - 선행기술 검토 및 분석 - 이송시스템의 사전 위험성 분석 및 안전성 향상 기술 개발 - On/Off line 통합 스마트 유지보수지원 시스템 기초 및 상세 설계 - 스마트 유지보수 지원 시스템 성능평가
컨테이너 이송 시스템 통합 관제 기술	○ 통합관제 센터 기능 및 이송 시스템 요구 사항 도출 - 선행기술 검토 및 분석 - 통합관제 센터 개념 정립 및 요구사항 분석 ○ 통합 관제 시스템 설계 - 선행기술 검토 및 분석 - 인프라, 이송체, 급전 및 운영 시스템 등 구성 요소 상호간 연계 기술 개발 - 이송 시스템 운영 효율성 평가 시뮬레이션 시스템 개발 : 시간당 컨테이너 처리량 50%이상 향상 요인 분석 및 검증 - 이송 시스템 주요부 이상 시 경고 기술 개발 - 정밀 제어 및 원격 조정 기술

라. 주요연구내용

	연구개발 목표	연구개발 내용	기술 성과
1차 년도	컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화를 위한 기초 설계 및 제어기술 연구	• 선행기술 검토 및 분석 연구 • 스마트 터미널 요구사항 개발/ 핵심요소기술 분석/방식 선정 연구 • 실시간 다중경로/최적경로/배치 및 배정 알고리즘 기초 설계 • 실시간 위치/상태 모니터링/제어 시스템 요구 사항 분석 • CBM 기반 실시간 신뢰성 평가 프로세스 모델링 기법 연구 • 통합관제 센터 기능 및 이송 시스템 요구사항 도출 • 통합관제 시스템 기초 설계	· 국내 최초의 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 설계 및 제어 기법 도출
2차 년도	컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화를 위한 상세설계 및 성능향상 기술 연구	• 스마트 터미널 요소 기술간 인터페이스 기초/상세 설계 연구 • DB 관리 및 전달 모듈의 기초/상세 설계 • 운송 컨테이너 물류정보와 연계한 시스템 제어 기술 기초 설계 • 실시간 모니터링 시스템 기초 /상세 설계 • 고장진단 및 예지기술(PHM) 개발 • 이송시스템의 사전 위험성 분석 및 안전성 향상 기술 개발 • 이송 시스템 구성 요소(인프라/이송체/급전/운영) 상호간 인터페이스 기초 설계 • 이송시스템 주요부 이상 시 경고 기술 개발	· 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 설계/제어 기술 확보
3차 년도	컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화를 위한 스마트 터미널 운영 시스템(STOS) 구축 및 성능평가 기술 연구	• 스마트 터미널 운영 시스템(STOS) 시뮬레이션 S/W 개발 및 성능 평가 • 물류정보와 연계한 시나리오별 제어 시뮬레이션 모델링 설계 및 성능 검증 • 이송시스템-통합관제간 통신 모듈 설계 및 성능 검증 • 실시간 모니터링 시스템 시뮬레이션 S/W 개발 및 성능 평가 • On/Off line 통합 스마트 유지보수지원 시스템 기초/상세 설계 • 통합 관제 시스템 상세설계 • 이송시스템 정밀 제어 및 원격 조정 방안 도출	· 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화를 위한 성능평가 기술 확보
4차 년도	컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화를 위한 STOS 모의간이 성능평가 및 실용화(안) 도출 연구	• 스마트 터미널 운영 시스템 모의 간이 성능시험 및 실용화 방안 • 실시간 다중경로/최적경로/이송체 배치/배정 알고리즘 성능시험 및 최적화 방안 • 실시간 신뢰성 평가 시스템 성능평가 및 실용화 방안 • 실시간 스마트 유지보수 지원 시스템 성능평가 및 실용화 방안 • 통합관제 시스템 성능 시험 및 실용화 방안 • 운영 효율성 평가 시뮬레이션 시스템 개발 : 시간당 컨테이너 처리량 50% 이상 향상 검증	· 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화를 위한 모의 간이 성능평가 기술 확보

<그림 6-6> 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발 주요연구내용

세부과제 1 : 컨테이너 이송 시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발

연차	주요 연구내용	세부 연구내용
1차년도 (2020년)	■ 선행기술 검토 및 분석 연구 ■ 스마트 터미널 요구사항 개발/핵심요소기술 분석/방식 선정 연구 ■ 실시간 다중경로/최적경로/배치 및 배정 알고리즘 기초 설계	■ 선행기술 검토 및 분석 연구 • 컨테이너 이송 시스템 운영 및 관리 시스템 관련 선행 기술 조사 및 분석 • 관련 특허/논문/시장 세부 분석 ■ 스마트 터미널 요구사항 개발/핵심요소기술 분석/방식 선정 연구 • 스마트 터미널(무인 자동화 시스템)의 요구사

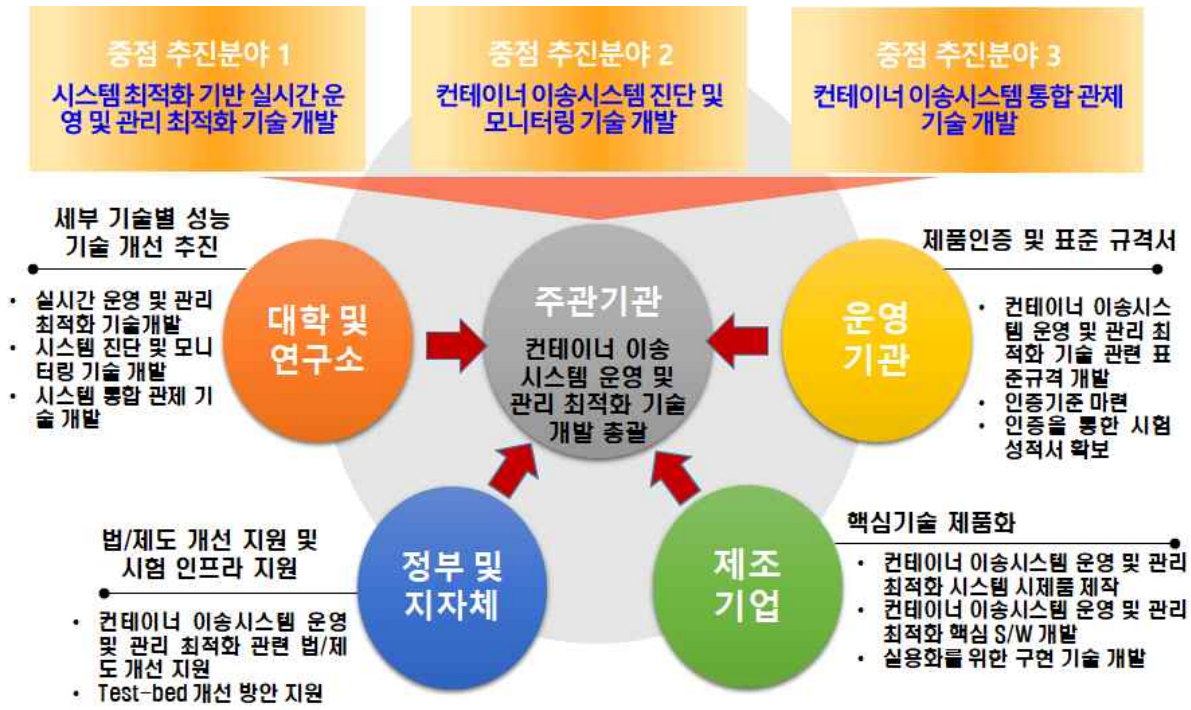
	■ 실시간위치/상태모니터링/제어 시스템 요구 사항 분석 ■ CBM 기반 실시간 신뢰성 평가 프로세스 모델링 기법 연구 ■ 통합관제 센터 기능 및 이송 시스템 요구사항 도출 ■ 통합관제 시스템 기초 설계	항 및 핵심 요소기술 분석 • 핵심 요소기술에 따른 특성 비교 분석 후 방식 선정 • 스마트 터미널 시스템 성능 및 시험 방안 제시 • Topolgy 최적 설계 SE ■ 실시간 다중경로/최적경로/배치 및 배정 알고리즘 기초설계 • 실시간 Multi-OD 대응 다중 경로 생성 생성 기술 • Multi-Layer 기반 Dynamic Assignment 기술 ■ 실시간 위치/상태 모니터링/제어 시스템 요구사항 분석 • 실시간 위치 검지를 위한 요구사항 분석 • 시스템 상태 모니터링을 위한 요구사항 분석 • 이송체 제어를 위한 요구사항 분석 ■ CBM 기반 실시간 신뢰성 평가 프로세스 모델링 기법 연구 • CBM 관련 선행 기술 검토 및 분석 • 실시간 신뢰성 평가 시스템 모델링을 위한 요구사항 분석 • 평가 프로세스 모델링을 위한 절차 분석 ■ 통합관제 센터 기능 및 이송 시스템 요구사항 도출 • 통합 관제 센터 개념 정립 • 통합 관제 센터 기능 정립 • 통합 관제를 위한 이송 시스템 요구사항 도출 ■ 통합관제 시스템 기초 설계 • 통합관제 구성 요소별 운영 시나리오 검토 및 분석 • 구성 요소별 인터페이스 기초 설계 • 종합인터페이스 Test-Bed 기본 설계
2차년도 (2021년)	■ 스마트 터미널 요소 기술간 인터페이스 기초/상세 설계 연구 ■ DB 관리 및 전달 모듈의 기초/상세 설계 ■ 운송 컨테이너 물류정보와 연계한 시스템 제어 기술 기초 설계 ■ 실시간 모니터링 시스템 기초/상세 설계 ■ 고장진단 및 예지기술(PHM) 개발	■ 스마트 터미널 요소 기술간 인터페이스 기초/상세 설계 연구 • 스마트 터미널 요소 기술간 인터페이스 정의 • 요소 기술간 인터페이스 설계 • 인터페이스를 위한 시작품 제작 및 성능 분석 ■ DB 관리 및 전달 모듈의 기초/상세 설계 • 운영 정보 DB 관리 기술 분석 • 센서기반 상태 정보 수집 모듈 설계 • 정보 수집/분석/평가 기술 ■ 고장진단 및 예지기술(PHM) 개발 • 주요 장치 고장 진단 알고리즘 개발 • 주요 장치 고장 예지 알고리즘 개발

	■ 이송시스템의 사전 위험성 분석 및 안전성 향상 기술 개발 ■ 이송 시스템 구성 요소(인프라/이송체/급전/운영) 상호간 인터페이스 기초 설계 ■ 이송시스템 주요부 이상 시 경고 기술 개발	• 고장 진단 및 예지 기술 모듈화 설계 ■ 이송 시스템의 사전 위험성 분석 및 안전성 향상 기술 개발 • 이송 시스템 관련 리스크 평가 선행기술 검토 및 분석 • 사전 위험성 분석 및 안전성 향상 방안 도출 ■ 이송 시스템 구성요소 상호간 인터페이스 연구 • 시스템 구성요소 간 인터페이스 검증 절차 도출 • 종합인터페이스 설비 구축 방안 도출 ■ 이송 시스템 주요부 이상 시 경고 기술 개발 • 경고 시스템 성능 및 시험 요구사항 분석 • 경고 시스템 시험안 개발 • 경고 시스템 Test-Bed 요구사항 분석
3차년도 (2022년)	■ 스마트 터미널 운영 시스템(STOS) 시뮬레이션 S/W 개발 및 성능 평가 ■ 물류정보와 연계한 시나리오별 제어 시뮬레이션 모델링 설계 및 성능 검증 ■ 이송시스템-통합관제간 통신 모듈 설계 및 성능 검증 ■ 실시간 모니터링 시스템 시뮬레이션 S/W 개발 및 성능 평가 ■ On/Off line 통합 스마트 유지보수지원 시스템 기초/상세 설계 ■ 통합 관제 시스템 상세설계 ■ 이송시스템 정밀 제어 및 원격 조정 방안 도출	■ 스마트 터미널 운영 시스템(STOS) 시뮬레이션 S/W 개발 및 성능 평가 • 운영 시나리오 선정 • 시뮬레이션 S/W 개발 및 성능 평가 ■ 물류정보와 연계한 시나리오별 제어 시뮬레이션 모델링 설계 및 성능 검증 • 운송 컨테이너 물류정보 자동화 기술 개발 • 시나리오별 제어 시뮬레이션 S/W 설계 • 시나리오별 제어 S/W 성능 검증 ■ 실시간 모니터링 시스템 시뮬레이션 S/W 개발 및 성능 평가 • 실시간 모니터링 시스템 S/W 개발 • 실시간 신뢰성 평가 시스템 개발 • 성능 평가 기술 개발 ■ On/Off line 통합 스마트 유지보수지원 시스템 기초/상세 설계 • On/Off line 고장/유지보수 데이터 통합 관리 • 실시간 신뢰성 평가 기반 유지보수 의사결정 기술 개발 • 실시간 진단 및 예지 기반 통합 유지보수 전문가 시스템 개발 • 스마트 유지보수지원 시스템 기초/상세 설계
4차년도 (2023년)	■ 스마트 터미널 운영 시스템 모의 간이 성능시험 및 실용화 방안 ■ 실시간 다중경로/최적경로./이송체 배치/배정 알고리즘 성능	■ 스마트 터미널 운영 시스템 모의 간이 성능시험 및 실용화 방안 • STOS 성능 검증 시험 및 실용화 방안 ■ 실시간 다중경로/최적경로./이송체 배치/배정 알고리즘 성능시험 및 최적화 방안

	시험 및 최적화 방안 ■ 실시간 신뢰성 평가 시스템 성능평가 및 실용화 방안 ■ 실시간 스마트 유지보수 지원 시스템 성능평가 및 실용화 방안 ■ 통합관제 시스템 성능 시험 및 실용화 방안 ■ 운영 효율성 평가 시뮬레이션 시스템 개발	• 알고리즘 성능 검증 시험 및 실용화 방안 ■ 실시간 신뢰성 평가 시스템 성능평가 및 실용화 방안 • 실시간 신뢰성 평가 시스템 검증 시험 및 실용화 방안 ■ 실시간 스마트 유지보수 지원 시스템 성능평가 및 실용화 방안 • 실시간 스마트 유지보수 지원 시스템 성능 검증 시험 및 실용화 방안 ■ 통합관제 시스템 성능 시험 및 실용화 방안 ■ 운영 효율성 평가 시뮬레이션 시스템 개발 : 시간당 컨테이너 처리량 50% 이상 향상 검증

마. 세부과제별 추진전략 및 추진체계

◉ 추진 전략



<그림 6-7> 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발 추진 전략

○ Top-down 방식으로 원천기술 개발
- 시제품 설계 및 해석을 통한 아키텍처 및 시제품 사양 개발
- 테스트베드에서의 성능시험을 통한 설계 및 제어 모듈 수정보완 및 시제품 핵심 기술 검증

○ 산학연 협동 및 단계별 기술개발 추진
- 산학연의 역할분담 및 관련 전문가·전문기관 협력체계 구축
- 개념설계를 통한 시제품 사양 결정 및 아키텍처 개발
- 핵심기술에 대한 시제품의 설계·제작·시험 추진
- 시험평가를 통한 기술 실용화 가능성 검증

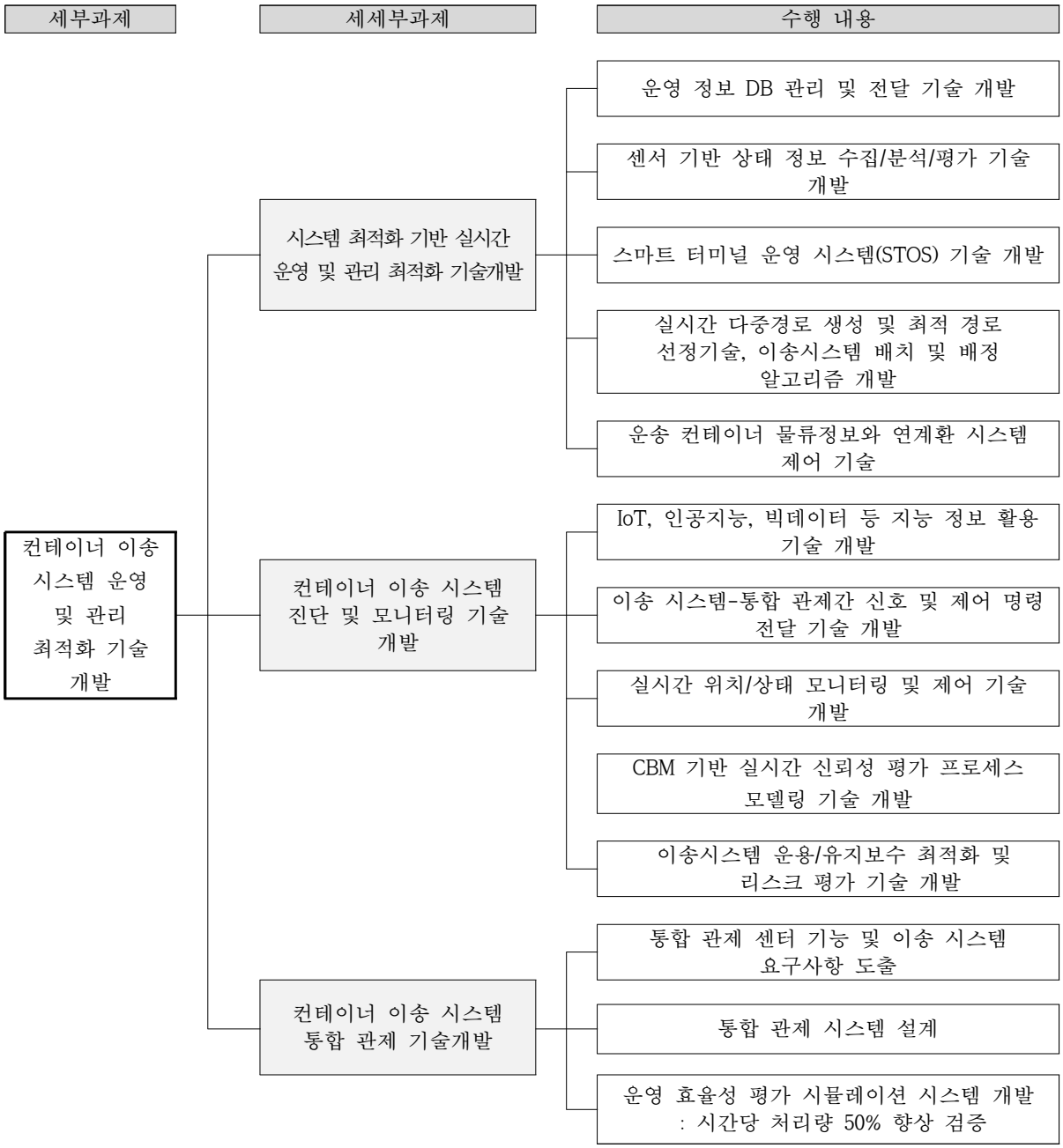
○ 새로운 운영 및 관리 최적화 기술 적용과 테스트베드 구축/운영을 위해 철도 운영기관 참여 유도

○ 핵심기술 확보를 위한 기반구축 연구로 4년 이내에 실용화 연계가 가능하도록 핵심기술 개발·실증 역량 확충·철도 운영처로 다각화 추진

○ 국외 전문가 활용 등을 통한 선진기술 습득 및 연구결과 검증을 위하여 다양한 분야의 전문가 활용

○ 연구성과 홍보를 통해 기술이전 및 실용화 확산 노력

◉ 추진 체계



○ 국내 철도/항만, 운영, 유지보수 기술 전문가 그룹을 구성하고 산학연 연계 및 정부 지원 하에 연구를 수행

○ 시제품 제작 및 시험 평가를 위해 관련 산업체의 참여가 반드시 필요하며, 기초 요소 기술 연구를 위한 대학 등의 연구기관 참여가 바람직함

○ 원천기술 및 시제품의 테스트베드를 통한 실증을 위해 철도 및 항만 운영기관의 참여가 바람직함

○ 연구내용의 검증 및 객관성 확보를 위해 외부 전문가 자문위원회 구성 및 운영하고, 연구내용의 기술적・정책적・경제적 보완사항에 대한 자문을 받을 것

○ 연구개발 성과의 실제적용 과정에서 설계사항 변경가능성을 줄일 수 있도록 연구과정에서 자동화 및 관제 전문기술을 보유한 기관을 반드시 참여하도록 함

○ 본 연구는 산・학・연 공동연구를 기본으로 하며, 필요시 선도적 위치에 있는 해외기관 및 전문가와 공동연구를 추진할 수 있음

○ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모할 것

○ 연구진의 연구 참여율을 높여 연구 집중도 제고 필요

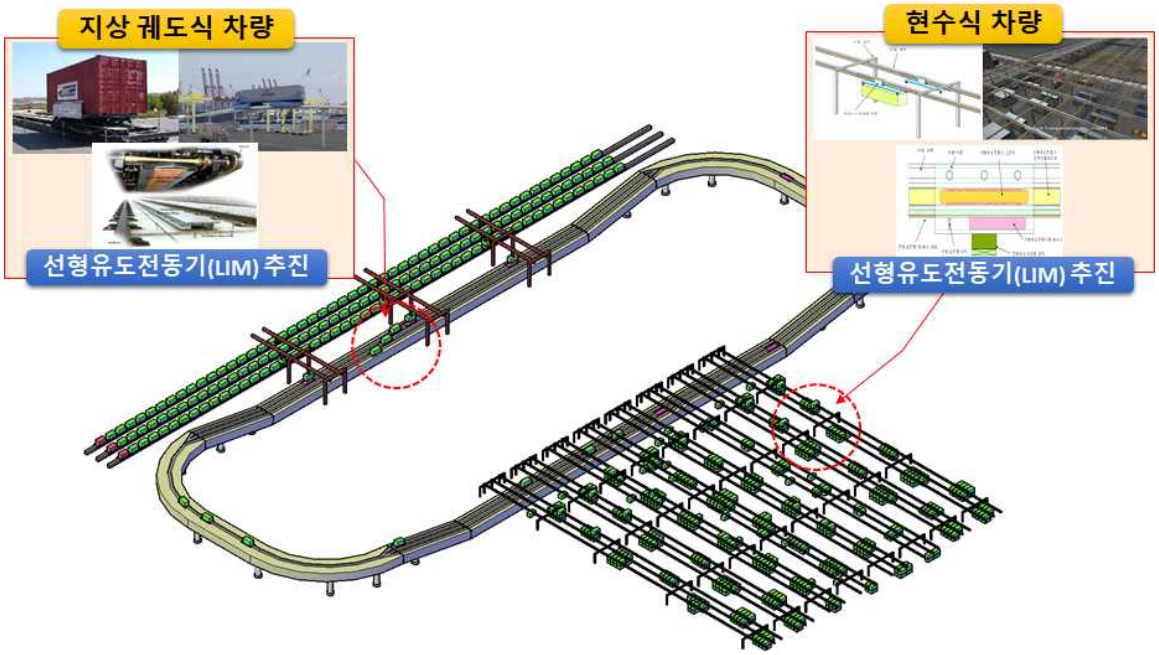
○ 참여 연구기관 간 유기적인 협력 체계를 구축할 것

○ 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제 간 연계성 확보 및 협조 체계 구축

2. 컨테이너 이송시스템 추진시스템 기술 분야

가. 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술개발

- 컨테이너 이송시스템 추진용 180kW급 선형유도전동기 기술 개발
- 컨테이너 이송시스템 추진용 270kVA급 경량화된 제어기 기술 개발
- 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 검증을 위한 성능 평가기술 개발



<그림 6-8> 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 구성도

나. 현황 및 미래상

◉ 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술 개발

현황 (As-Is)	ㅇ 국내 자동화물운송시스템별 상용화 단계를 살펴보면, 국내 신개념 철도 자동운송시스템 중 인원 수송용 운송시스템인 부산 반송선, 스카이큐브(PRT)는 무인 자동화 방식으로 운영되고 있음 - 자동화물운송시스템 기술인 AutoCon은 개념 설계를 완료하고, 지하화를 위한 기술적 검토도 이루어진 바 있으며, 최근 축소규모의 시연모형을 개발하는 본격 기술개발단계에 접어들었음 - 한국형 ATS는 기획연구 단계를 완료하였으나, 타당성 문제로 본 사업으로 이어지지는 못하였음 ㅇ 기존 내륙물류기지 및 배후단지에서의 컨테이너 이송시스템(화석연료를 이용하는 트럭)은 체계적으로나 성능적으로나 한계성을 보이고 있음 - 기존 컨테이너 이송시스템의 표정속도 20km/h 이하 수준



<그림 6-9> 기존 내륙물류기지에서의 트럭을 이용한 컨테이너 이송시스템

⇩

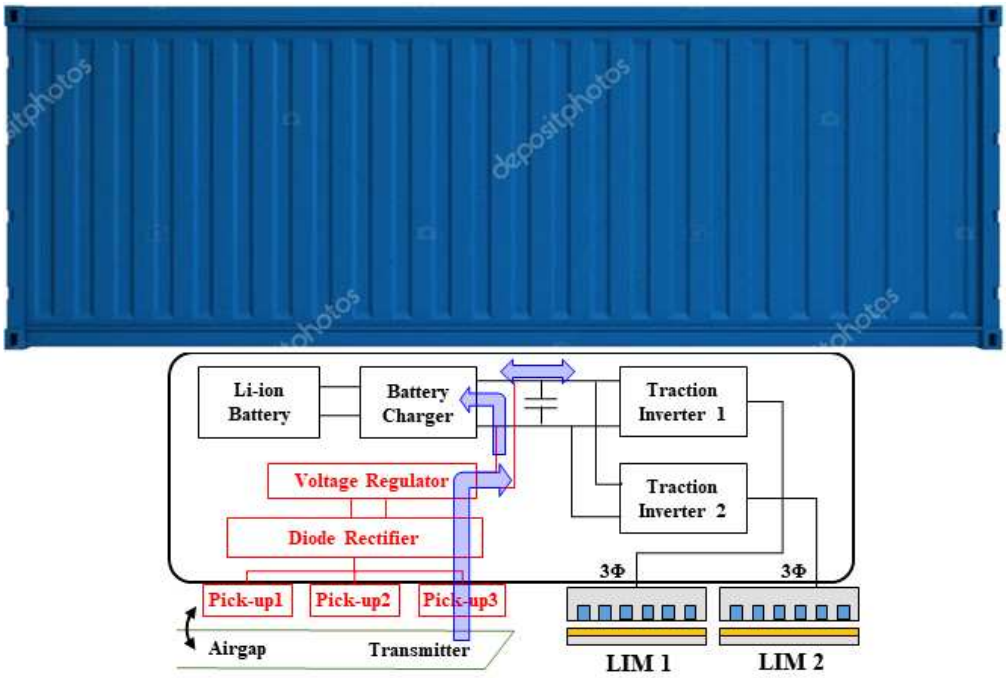
주요 연구 내용

ㅇ 컨테이너 이송시스템 추진용 180kW급 선형유도전동기 기술 개발
- 선행기술 검토 및 분석 연구
- 부하조건에 따른 용량 산정 연구
- 핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구
- 기초 및 상세 설계 연구
- 효율 향상 연구
- 출력밀도 향상 연구
- 최적 설계 연구
- 선형유도전동기 냉각 기구 설계 기술 연구
- 180kW급 선형유도전동기 시작품 제작 및 성능 검증

ㅇ 컨테이너 이송시스템 추진용 270kVA급 경량화된 제어기 기술 개발
- 선행기술 검토 및 분석 연구
- 핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구
- 제어 알고리즘 개발
- 고정밀 제어기법 개발
- 인버터 효율 향상 연구
- 인버터 냉각 구조 설계 기술 연구
- 전력변환 모듈/제어기 경량 모듈화 설계 기술 개발
- 전력변환 모듈/제어기 시작품 제작 및 최적화
- 270kVA급 전력변환 모듈/제어기 시작품 성능검증

ㅇ 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 검증을 위한 성능 평가기술 개발
- 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 구성품별 안정성 시험 및 신뢰성 시험방안 도출 연구
- 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 구성품별 단품성능 시험
- 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 조합시험 및 평가
- 시작품의 모의 간이 주행성능시험
- 수정 보완 및 재시험을 통한 성능 목표 검증

⇩

미래상 (To-Be)	○ 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술개발 - 컨테이너의 이송 및 환적이 하나의 견인전동기 기반 시스템으로 설계됨에 따라 시간적·물리적 비용이 크게 감소 ☞ 이송속도 50% 향상 목표 - 기존 내연기관 기반의 트럭시스템 대비 경량화된 컨테이너 이송시스템 구축 가능 - 전기에너지 중심의 친환경 이송시스템 설계를 바탕으로 저탄소 교통물류체계 구축 및 녹색 교통수단으로의 전환 기대 - 전기제어 시스템 기반의 친환경 물류 시스템 구축을 통한 온실가스 배출 및 에너지 저감 - 공정시간 단축에 따른 운영 효율 향상 - 성능평가기술 적용을 바탕으로 인적 오류 감소를 통한 컨테이너 이송시스템 운영 효율 향상 기대 - 신뢰성을 확보한 성능평가기술 적용을 통한 컨테이너 이송시스템 관련 사고율 및 고장률 감소 기대  <그림 6-10> 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 개요

다. 세부 연구개발 과제 구성

◉ 세부과제 2 : 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술 개발



<그림 6-11> 컨테이너 이송시스템용 고효율 추진시스템 개발 과제 구성

◉ 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술 개발 (2020~2023, 4년)

세부기술	주요 추진 내용
컨테이너 이송시스템 추진용 180kW급 선형유도전동기 기술 개발	○ 선행기술 검토 및 분석 연구 - 기존 선형유도전동기 관련 선행기술 조사 및 분석 - 관련 특허/논문/시장 세부 분석 ○ 부하조건에 따른 용량 산정 연구 - 운행속도, 최대경사, 중량, 주행저항 등을 고려한 부하조건 산정 - 부하토크곡선에 따른 용량 산정 ○ 핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구 - 선형유도전동기의 설계 파라미터 선정 - 최적 설계를 위한 목적함수 설정 ○ 기초 및 상세 설계 연구 - 제약조건을 고려한 기초 형상 설계 - 전자계 해석 및 성능 분석 - 강성 해석 및 성능 분석 - 상세 설계안 도출

	○ 효율 향상 연구 - 손실 분석 및 철손/동손 최소화 방안 및 재료 분석 - 리액션플레이트 와류손 최소화 방안 연구 - 기계손 최소화 방안 연구 ○ 출력밀도 향상 연구 - 리액션플레이트 구조 분석 - 권선법 분석 - 자성재료 분석 ○ 선형유도전동기 냉각 기구 설계 기술 연구 - 선형유도전동기 냉각 구조 설계 및 강성 확보 기술 연구 - 강성 및 안전/안정성 해석 기법 연구 ○ 최적 설계 연구 - 실험계획법을 적용한 최적설계 알고리즘 개발 - 자기회로법을 이용한 최적설계 프로세스 개발 ○ 180kW급 선형유도전동기 시작품 제작 및 성능 검증 - 시작품 제작 및 보완설계 - 시작품 성능검증 및 조합시험
컨테이너 이송시스템 추진용 270kVA급 경량화된 제어기 기술 개발	○ 선행기술 검토 및 분석 연구 - 선형유도전동기 제어 관련 선행기술 조사 및 분석 - 관련 특허/논문/시장 세부 분석 ○ 핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구 - 구동시스템 벡터제어 특성 분석 - 인버터 스위치 모듈 선정 ○ 제어 알고리즘 개발 - 속도 프로파일 분석 - 제약조건 분석 - 제어 시뮬레이션 모델링 및 실시간 파라미터 도출 기법 개발 - 성능 검증 ○ 고정밀 제어기법 개발 - 제어 정밀도 향상 기법 개발 - 고정밀 속도제어 및 정밀 제어 기술 개발 - 약계자 운전 제어 기술 개발 - 선형유도전동기 연동 제어모델 해석 ○ 인버터 효율 향상 연구 - 스위칭 손실 분석 - 손실 최소화를 위한 스위칭 기법 연구 ○ 인버터 냉각 구조 설계 기술 연구 - 인버터 열해석에 따른 냉각 방열구조 분석 - 냉각시스템 용량 및 방식 선정

	- 유동해석을 통한 설계 및 성능 검증 ○ 전력변환 모듈/제어기 경량 모듈화 설계 기술 개발 - 하드웨어 및 제어 설계 - 전력변환 모듈/제어기 기초/상세 설계 ○ 전력변환 모듈/제어기 시작품 제작 및 최적화 - 전력변환 모듈/제어기 시작품 제작 - 전력변환 모듈/제어기 최적 설계 ○ 270kVA급 전력변환 모듈/제어기 시작품 성능검증 - 전력변환 모듈/제어기 시작품 성능검증 및 신뢰성 시험
컨테이너 이송시스템용 추진시스템 검증을 위한 성능 평가기술 개발	○ 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 요구사항 개발 - 컨테이너 이송시스템용 추진시스템의 성능 및 시험 요구사항 분석 ○ 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 구성품별 안정성 시험 및 신뢰성 시험 방안 도출 연구 - 성능 평가기술 개발 - 효율 평가기술 개발 ○ 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 구성품별 단품성능시험 - 선형유도전동기 - 전력변환모듈 및 제어기 장치 ○ 시작품 조합시험 및 평가 - 부하설비 활용 조합성능시험 ○ 시작품의 모의 간이성능시험 및 평가 - 궤도 구조 활용 모의 간이 주행성능시험 ○ 수정 보완 및 재시험을 통한 성능 목표 검증 ○ 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 Test-bed 설계/구축(안) 도출 - Test-bed 요구사항 분석 - Test-bed 설계/구축(안) 도출 및 분석

라. 주요연구내용



<그림 6-12> 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술 개발 주요연구내용

세부과제 2 : 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술 개발

연차	주요 연구내용	세부 연구내용
1차년도 (2020년)	■ 선행기술 검토 및 분석 연구 ■ 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 요구사항 개발 ■ 핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구 ■ 컨테이너 이송시스템용 선형유도전동기 설계 기법 연구 ■ 컨테이너 이송시스템용 선형유도전동기의 제어 기법 연구 ■ 축소 시제품 제작 및 설계기법 유효성 검증 시험	■ 선행기술 검토 및 분석 연구 • 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 관련 선행기술 조사 및 분석 • 관련 특허/논문/시장 세부 분석 ■ 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 요구사항 개발 • 컨테이너 이송시스템용 추진시스템의 성능 및 시험 요구사항 분석 • 컨테이너 이송시스템용 추진시스템의 인증/검증 기준안 개발 ■ 핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구 • Topology 구성별 특성 분석 • 핵심 요소기술에 따른 특성 비교 분석 후 방식 선정 ■ 컨테이너 이송시스템용 선형유도전동기 설계 기법 연구 • 부하토크곡선에 따른 용량 산정 • 제약조건을 고려한 기초 형상 설계

		• 전자계 해석 및 성능 분석 • 상세 설계안 도출 ■ 컨테이너 이송시스템용 선형유도전동기의 제어 기법 연구 • 제어 시뮬레이션 모델링 연구 • 실시간 파라미터 도출 기법 연구 • 소형 시제품 제작 및 제어 기법 성능 검증 ■ 축소 시제품 제작 및 설계기법 유효성 검증 시험 • 3kW급 선형유도전동기 제작 후 성능 비교시험 • 5kVA급 구동용 인버터 제작 후 성능 비교시험
2차년도 (2021년)	■ 180kW급 선형유도전동기 기초/상세 설계 연구 ■ 180kW급 선형유도전동기 최적 설계 연구 ■ 180kW급 선형유도전동기 효율 향상 및 출력밀도 향상 연구 ■ 270kVA급 인버터 제어기법 개발 및 제어 효율 향상 연구 ■ 선형유도전동기 및 인버터 냉각구조 및 냉각시스템 설계 기술 연구 ■ 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 제작(안) 및 성능 평가(안) 도출 연구	■ 180kW급 선형유도전동기 기초/상세 설계 연구 • 부하토크곡선에 따른 용량 산정 • 제약조건을 고려한 기초 형상 설계 • 전자계 해석 및 성능 분석 • 상세 설계안 도출 ■ 180kW급 선형유도전동기 최적 설계 연구 • 실험계획법을 통한 최적 형상 설계 • 멀티-피직스(전자계해석・열해석・유동해석・구조해석) 분석 기법 정립 ■ 180kW급 선형유도전동기 효율 향상 및 출력밀도 향상 연구 • 손실 분석 • 철손/동손 최소화 방안 및 재료 분석 • 기계손 최소화 방안 연구 • 권선법 및 자성재료 분석 ■ 270kVA급 인버터 제어기법 개발 및 제어 효율 향상 연구 • 서보급 정밀도 향상 기술 개발 • 고정밀 속도제어 및 고속응성 제어 기술 개발 • 대역 약계자 운전 제어 기술 개발 • 선형유도전동기 연동 제어모델 해석 • 손실 분석 및 손실 최소화 방안 연구 ■ 선형유도전동기 및 인버터 냉각구조 및 냉각시스템 설계 기술 연구 • 선형유도전동기 발열해석 기술 연구 • 선형유도전동기 모델의 열유동 해석 기법 연구 • 선형유도전동기 모델의 냉각 구조 연구 • 선형유도전동기 모델의 열해석 메커니즘 분석 • 180kW급 선형유도전동기용 냉각시스템 용량 및 방식 선정 • 유동해석을 통한 설계 및 성능 검증 ■ 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 제작(안) 및

		성능 평가(안) 도출 연구 • 180kW급 선형유도전동기 및 구동용 인버터 시작품 제작(안) 도출 • 부하성능시험설비를 활용한 시작품의 단품 및 조합성능시험 방안 개발 • 성능평가 및 신뢰성 확보방안 도출 연구
3차년도 (2022년)	■ 270kVA급 전력변환장치 출력밀도 향상 연구 ■ 270kVA급 인버터 제어용 DSP 하드웨어 설계 ■ 270kVA급 인버터 게이트 드라이브 회로 설계 및 제작 ■ 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 구성품별 안정성 시험 및 신뢰성 시험 방안 도출 연구 ■ 180kW급 선형유도전동기 및 270kVA급 인버터 시작품 제작 및 단품 성능시험/평가 ■ 180kW급 선형유도전동기 및 270kVA급 인버터 시작품 조합시험 및 평가 ■ 성능평가를 통한 수정 보완 사항 및 최종 180kW급 선형유도전동기와 270kVA급 인버터 모델 도출	■ 270kVA급 전력변환장치 출력밀도 향상 연구 • 전장품 배치 분석 및 부피 최소화 방안 도출 • 경량화 기술 개발 ■ 270kVA급 인버터 제어용 DSP 하드웨어 설계 • 선형전동기 부하에 따른 스위칭 모듈 용량 산정 • 인버터 제어를 위한 DSP 보드 설계 • 속도 및 토크 제어를 위한 센서 인터페이스 회로 설계 • 속도 센싱용 엔코더 및 전류센서 설계 • 인버터 냉각시스템 하우징 설계 및 제작 ■ 270kVA급 인버터 게이트 드라이브 회로 설계 및 제작 • 인버터 벡터제어 알고리즘 개발 • 속도 및 전류신호 변환을 위한 신호처리 기법 개발 • 인버터 실시간 결함진단 신호처리 알고리즘 개발 ■ 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 구성품별 안정성 시험 및 신뢰성 시험 방안 도출 연구 • 성능 평가기술 개발 • 효율 평가기술 개발 ■ 180kW급 선형유도전동기 및 270kVA급 인버터 시작품 제작 및 단품 성능시험/평가 • 180kW급 선형유도전동기 및 270kVA급 인버터 시작품 제작 • 경부하를 활용한 180kW급 선형유도전동기 및 270kVA급 인버터 시작품 단품 성능시험 수행 ■ 180kW급 선형유도전동기 및 270kVA급 인버터 시작품 조합시험 및 평가 • 부하성능시험설비 활용 도시철도차량 성능시험 규격에 부합되는 조합성능시험 수행 ■ 성능평가를 통한 수정 보완 사항 및 최종 180kW급 선형유도전동기와 270kVA급 인버터 모델 도출
4차년도 (2023년)	■ 모의 간이성능시험을 위한 궤도 구조 활용 시험장치 설계	■ 모의 간이성능시험을 위한 궤도 구조 활용 시험장치 설계 및 제작

	및 제작 ■ 시작품의 궤도구조 활용 모의 간이성능시험 및 평가 ■ 컨테이너 이송시스템용 추진 시스템 Test-bed 설계/구축(안) 도출	• 모의 간이성능시험을 위한 궤도 구조 활용 시험장치 설계 및 제작 • 180kW급 선형유도전동기 및 270kVA급 인버터 시작품의 시험장치 취부/조립을 위한 각종 지그 설계 및 제작 • 구성품의 시험장치 취부 및 조립 ■ 시작품의 궤도 구조 활용 모의 간이성능시험 및 평가 • 궤도 구조 활용 모의 간이 주행성능시험 • 수정 보완 및 재시험을 통한 성능 목표 검증 ■ 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 Test-bed 설계/구축(안) 도출 • Test-bed 요구사항 분석 • Test-bed 설계/구축(안) 도출 및 분석

마. 세부과제별 추진전략 및 추진체계

◉ 추진 전략



<그림 6-13> 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술개발 추진 전략

○ Top-down 방식으로 원천기술 개발
- 시작품 설계 및 해석을 통한 아키텍처 및 시작품 사양 개발
- 테스트베드에서의 성능시험을 통한 설계 및 제어 수정보완 및 시작품 핵심 기술 검증

○ 산학연 협동 및 단계별 기술개발 추진
- 산학연의 역할분담 및 관련 전문가·전문기관 협력체계 구축
- 개념설계를 통한 시제품 사양 결정 및 아키텍처 개발
- 핵심기술에 대한 시제품의 설계·제작·시험 추진
- 시험평가를 통한 기술 실용화 가능성 검증

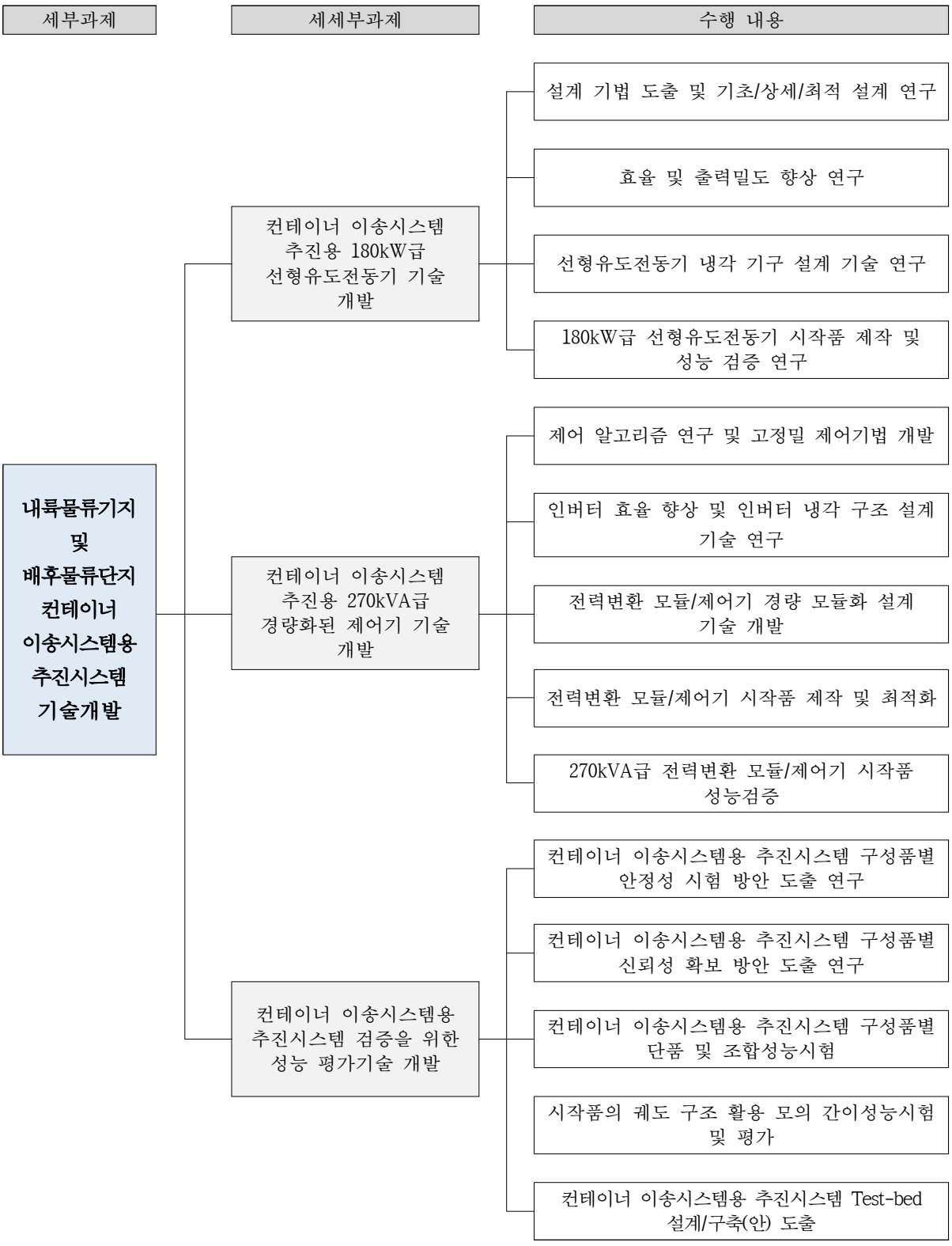
○ 새로운 추진시스템의 적용과 테스트베드 구축/운영을 위해 컨테이너 물류 운영기관 참여 유도

○ 중점 추진분야는 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 설계/제어 기술 개발, 이송시스템의 차상 전원용 고효율 에너지 급전 기술 개발과 인터페이스 및 성능평가 기술 개발로 구분하여 관련 핵심기술 확보를 위한 기반구축 연구로써, 4년 이내에 실용화 연계가 가능하도록 핵심기술 개발 · 실증 역량 확충 · 컨테이너 물류 운영처로 다각화 추진

○ 국외 전문가 활용 등을 통한 선진기술 습득 및 연구결과 검증을 위하여 다양한 분야의 전문가 활용

○ 연구 성과 홍보를 통해 기술이전 및 실용화 확산 노력

◉ 추진 체계



○ 국내 물류, 철도, 추진, 차량 기술 전문가 그룹을 구성하고 산학연 연계 및 정부 지원 하에 연구를 수행

○ 시작품 제작 및 시험 평가를 위해 관련 산업체의 참여가 반드시 필요하며, 기초 요소기술 연구를 위한 대학 등의 연구기관 참여가 바람직함

○ 원천기술 및 시제품의 테스트베드를 통한 실증을 위해 컨테이너 물류 운영기관의 참여가 바람직함

○ 연구내용의 검증 및 객관성 확보를 위해 외부 전문가 자문위원회 구성 및 운영하고, 연구내용의 기술적·정책적·경제적 보완사항에 대한 자문을 받을 것

○ 연구개발 성과의 실제적용 과정에서 설계사항 변경가능성을 줄일 수 있도록 연구과정에서 철도 전문기술을 보유한 기관을 반드시 참여하도록 함

○ 본 연구는 산·학·연 공동연구를 기본으로 하며, 필요시 선도적 위치에 있는 해외기관 및 전문가와 공동연구를 추진할 수 있음

○ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모할 것

○ 연구진의 연구 참여율을 높여 연구 집중도 제고 필요

○ 참여 연구기관 간 유기적인 협력 체계를 구축할 것

○ 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제 간 연계성 확보 및 협조 체계 구축

3. 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 분야

가. 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술개발

- 센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술 개발
- 이송차량 간 상호 충돌방지 시스템 개발
- WAVE 기술기반 컨테이너 이송차량과 통합관제 시스템과의 통신 프로토콜 설계·개발
- 사이버 및 무선 관련 보안 기술 보안 기술 개발
- 이송 차량 위치 추적 시스템 개발

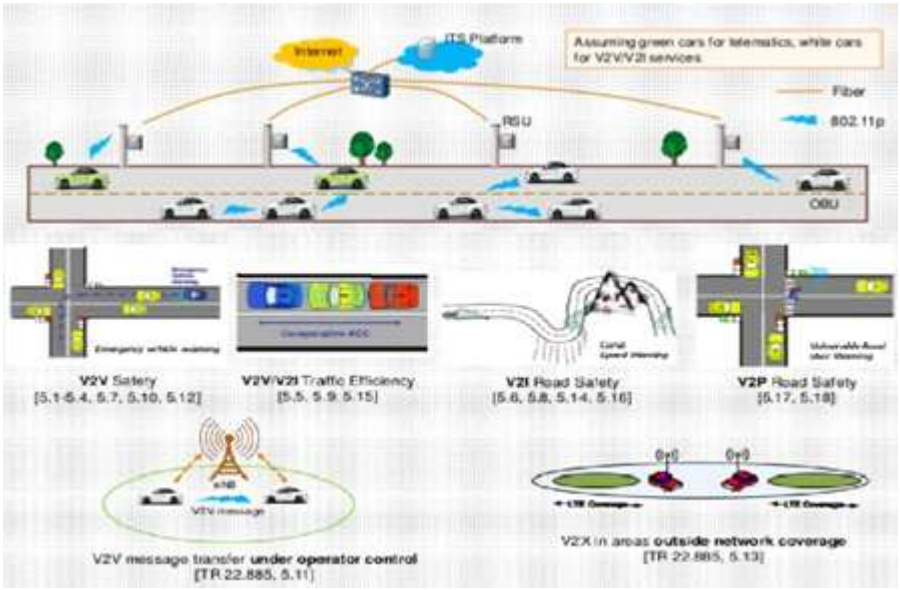


<그림 6-14> 이송차량 위치 인식 기술과 WAVE 기술기반 무선통신 기술 및 관련 보안기술

나. 현황 및 미래상

◉ 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발

현황 (As-Is)	ㅇ 기존 이송차량의 위치 인식 및 이송차량 간 충돌방지 시스템은 시스템 운영자의 능력에 크게 의존하기 때문에 성능의 한계성을 보이고 있음 ㅇ V2X통신을 실현하기 위해 ITS, WAVE, LTE 등 다양한 통신 프로토콜이 고려되었으며 관련 보안기술들이 제안되었음 - 실용화를 위한 경제적 측면에서의 타당성 확보가 시급 - 특히, 철도분야에서는 railroad 특성을 고려한 V2X 통신시스템의 구축이 더욱 미비



<그림 6-15> 기존 도로교통 V2X 통신 시스템 구성도

⇩

주요 연구 내용

ㅇ 센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술 개발
- 선행기술 검토 및 분석 연구
- 핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구
- 단일 센서의 특성 분석 및 위치 인식 기술 연구
- 센서 퓨전 방식 연구
- 이송차량 절대위치 인식 기술 연구
- 컨테이너 상하차 시 위치 인식 기술 연구
- 위치 인식 프로그램 개발 및 성능 검증

ㅇ 이송차량 간 상호 충돌방지 시스템 개발
- 선행기술 검토 및 분석 연구
- 핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구
- 이송차량 상호 거리 인식 알고리즘 개발
- 이송차량 제어 알고리즘 개발
- 이송차량 충돌방지 모듈/제어기 시작품 제작 및 성능검증

ㅇ WAVE 기술기반 컨테이너 이송차량과 통합관제 시스템과의 통신 프로토콜 설계·개발
- 관리 및 통합 제어 시스템 요구사항 도출 및 핵심요소기술 분석
- WAVE 기반 이송차량과 통합 제어 시스템 간 통신 프로토콜 설계
- WAVE 기반 통신 프로토콜의 시뮬레이션을 통한 성능평가 및 최적화
- WAVE 기반 통신 프로토콜 시작품 구현 및 성능평가, 최적화
- WAVE 기반 통신 이송차량 단말 및 제어시스템 S/W모듈 개발

ㅇ 사이버 및 무선 관련 보안 기술 보안 기술 개발
- 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 보안 이슈 및 관련 기술 분석

	• 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 보안 취약점 패치 방안 도출 ㅇ LBS기반 이송차량 위치 추적 시스템 기술 연구 • RSSI 기반 LBS 기술 연구 및 성능평가 • footprint기반으로 인공지능 기술을 활용한 LBS 기술 연구 ㅇ 컨테이너 이송차량 관리 및 통합제어 시스템 Test-bed 구축 및 실증 시험 • 컨테이너 이송차량 관리 및 통합제어 시스템 종합 실증 시험 • 컨테이너 이송차량 관리 및 통합제어 시스템 Test-bed 설계/구축/운영(안) 도출 • 컨테이너 이송차량 관리 및 통합제어 시스템 관리 기술 적용성 검토
	⇩
미래상 (To-Be)	ㅇ 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발 - 센서 퓨전 기술과 인공지능 기반의 기술을 통한 컨테이너 이송시스템 안정성 향상 기대 - 인적 사고 감소를 통해 컨테이너 이송시스템 운영에 대한 보다 나은 의사결정을 내릴 수 있도록 지원 - 종래 기술과의 차별화된 인공지능 기술과 결합한 통합제어 시스템을 통한 시장 선점 기대 - WAVE 등 무선통신 기술을 기반으로 이송차량의 실시간 모니터링 및 관제시스템과의 정보교환을 위한 시스템 구축. 이를 통해 관제시스템 및 이송차량 관리 효율성 증대 - 네트워크 기반 지능형 통합제어 시스템을 통해 컨테이너 이송속도 50% 향상 - 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 보안성 완비  <그림 6-16> 내륙물류기지 및 배후물류단지 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템

다. 세부 연구개발 과제 구성

◉ 세부과제 3 : 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발



<그림 6-17> 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발 과제 구성

◉ 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발(2020~2023, 4년)

세부기술	주요 추진 내용
센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술 개발	○ 선행기술 검토 및 분석 연구 - 기존 물체 위치 인식 기술 관련 선행기술 조사 및 분석 - 기존 센서 퓨전 기술 관련 선행기술 조사 및 분석 - 관련 특허/논문/시장 세부 분석 ○ 핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구 - 제약조건을 고려한 다양한 센서들의 특성 연구 및 센서 선정 - 최적 설계를 위한 각 센서별 목적함수 설정 ○ 단일 센서의 특성 및 위치 인식 기술 연구 - 각 센서별 최적 인식기 선정 및 파라미터 설계 방안 연구 - 단일 센서 기반의 위치 인식 기술 연구 ○ 센서 퓨전 방식 연구 - 확률 기반의 센서 퓨전 방식 연구 - 기계학습 기반의 센서 퓨전 방식 연구 ○ 이송차량 절대위치 인식 기술 연구 - 컨테이너 이송시스템 구조 분석 - 센서 퓨전을 통한 이송차량의 절대위치 인식 방법 연구 - 컨테이너 상하차 시 위치 인식 기술 연구 ○ 위치 인식 기술 프로그램 개발 및 성능 검증

	- 위치 인식 기술 프로그램 개발 - 프로그램 성능검증
이송차량 간 상호 충돌방지 시스템 개발	○ 선행기술 검토 및 분석 연구 - 상대위치 인식 및 충돌방지 선행기술 조사 및 분석 - 관련 특허/논문/시장 세부 분석 ○ 핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구 - 제약조건을 고려한 이송차량 간 상호 위치 인식 기술 - 충돌방지 이송차량 제어 모듈 선정 ○ 이송차량 상호 거리 인식 알고리즘 개발 - 이송차량 속도분석 및 상대위치 인식 기술 - 이송차량 상호 거리 분석 ○ 이송차량 제어 알고리즘 개발 - 상호출동 방지 시스템 모듈/제어기 최적 설계 - 상호출동 방지 시스템 모듈/제어기 시작품 제작 ○ 이송차량 충돌방지 모듈/제어기 시작품 제작 및 성능검증 - 충돌방지 모듈/제어기 시작품 성능검증 및 신뢰성 시험
컨테이너 이송 차량과 통합 관제 시스템 간 통신 기술 개발	○ 관리 및 통합 제어 시스템 요구사항 도출 및 개발/ 핵심요소기술 분석 - 기존 V2X통신 및 ITS 관련 선행기술 조사 및 분석 - 시스템 요구사항 도출 및 핵심 요소기술 분석 ○ LBS기반 이송차량 위치 추적 시스템 기술 연구 - 기존 LBS 관련 선행기술 조사 및 분석 - LBS 관련 원천 기술 연구 ○ WAVE 기반 이송차량과 통합 제어 시스템 간 통신 기술 개발 - IEEE 802.11p 관련 관련 선행기술 조사 - 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템용 통신 WAVE 기반 프로토콜 설계 - 시뮬레이션을 통한 성능평가 및 최적화 - 이송차량 용 단말 및 제어시스템 용 S/W모듈 시작품 개발 및 성능평가, 최적화
사이버 및 무선 통신 보안 기술 개발	○ 선행기술 검토 및 분석 연구 - 사이버 및 무선통신 보안 관련 선행기술 조사 및 분석 - 관련 특허/논문/시장 세부 분석 ○ 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 보안 이슈 및 관련 기술 분석 연구 - 이송차량 정보시스템 취약점 분석 - IEEE 802.11p 프로토콜 취약점 분석 - 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 취약점 분석 - 모의 해킹 등 능동형・전략형 침투 방법론 연구

	○ 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 보안 취약점 패치 방안 도출 - 기존 취약점 패치방안 적용 - Secure코딩 방법 등을 적용한 통신 프로토콜 구현 - 제로 데이 취약점에 대한 신속대응 방안 연구
LBS기반 이송차량 위치 추적 시스템 개발	○ 선행기술 검토 및 분석 연구 - LBS 선행기술 조사 및 분석 - 관련 특허/논문/시장 세부 분석 ○ LBS기반 이송차량 위치 추적 시스템 기술 연구 - RSSI 기반 LBS 기술 연구 및 성능평가 - footprint기반으로 인공지능 기술을 활용한 LBS 기술 연구

라. 주요연구내용

	연구개발 목표	연구개발 내용	기술 성과
1차 년도	컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 기초 설계 및 제어기술 연구	• 선행기술 검토 및 분석 연구 • 관리 및 통합 제어 시스템 요구사항 도출 및 개발/ 핵심요소기술 분석 • LBS기반 이송차량 위치 추적 시스템 기술 연구 • WAVE 기반 이송차량과 통합 제어 시스템 프로토콜 설계 • 제약조건을 고려한 단일 센서들의 특성 연구	· 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 설계 및 제어 기법 도출
2차 년도	컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 상세설계 및 성능향상 기술 연구	• 단일 센서 기반의 이송차량 위치인식 기술 연구 • 센서 퓨전 방식 연구 • 센서 퓨전을 통한 이송차량의 절대위치 인식방법 연구 • LBS기반 이송차량 위치 추적 시작품 제작 및 성능 최적화 연구 • 시뮬레이션 기반 이송차량과 제어 시스템 간 무선통신 성능 평가 및 최적화 연구 • 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 보안 이슈 요소기술 분석	· 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 성능최적화 및 보안이슈 검토
3차 년도	컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 시작품 제작 및 성능 검증	• 이송차량 상호 거리 인식 알고리즘 개발 • 컨테이너 상하차 시 위치 인식 알고리즘 개발 • 컨테이너 이송시스템 인터페이스 연구 • 위치 인식 기술 프로그램 개발 및 성능 검증 • LBS기반 이송차량 위치 추적 시작품 제작 및 성능 최적화 연구 • 이송차량용 무선통신 단말 시작품 제작 및 성능 평가 • 제어시스템용 무선통신 SW모듈 개발 및 성능평가 • 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 보안 취약점 패치 기술 연구	· 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 시작품 제작 및 보안 취약점 보완
4차 년도	컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 성능평가 및 실용화(안) 도출 연구	• LBS기반 이송차량 위치 추적 성능 평가 및 고도화 • 이송차량용 무선통신 단말 시작품 성능평가 및 고도화 • 제어시스템용 무선통신 SW모듈 성능평가 및 고도화 • 이송차량 제어 알고리즘 개발 • 시작품의 실차량 조건 모의 간이성능시험 및 평가 • 컨테이너 이송차량 관리 및 통합제어 시스템 종합 실증 시험 • 컨테이너 이송차량 관리 및 통합제어 시스템 Test-bed 설계/구축/운영(안) 도출 • 컨테이너 이송차량 관리 및 통합제어 시스템 관리 기술 적용성 검토	· 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 성능평가 및 고도화, 실용화 검토

<그림 6-18> 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발 주요연구내용

세부과제 3 : 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발

연차	주요 연구내용	세부 연구내용
1차년도 (2020년)	■ 선행기술 검토 및 분석 연구 ■ 컨테이너 이송시스템용 네트워크 통합제어 시스템 요구사항 분석 ■ 단일 센서들의 특성 연구 ■ 관리 및 통합 제어 시스템 요구사항 도출 및 핵심요소기술 분석 ■ LBS기반 이송차량 위치 추적 시스템 기술 연구 ■ WAVE 기반 이송차량과 통합 제어 시스템 프로토콜 설계	■ 선행기술 검토 및 분석 연구 • 네트워크 통합제어 관련 선행기술 조사 및 분석 • 기존 V2X통신 및 ITS 관련 선행기술 조사 및 분석 • 관련 특허/논문/시장 세부 분석 ■ 컨테이너 이송시스템용 네트워크 통합제어 시스템 요구사항 분석 • 네트워크 통합제어 시스템의 성능 및 시험 요구사항 분석 • 네트워크 통합제어 시스템의 인증/검증 기준안 개발 ■ 단일 센서들의 특성 연구 • 제약조건을 고려한 다양한 센서들의 특성 비교 분석 및 성능 비교 • 위치 인식 기술을 위한 최적의 센서 선정 ■ 관리 및 통합 제어 시스템 요구사항 도출 및 핵심 요소기술 분석 • 시스템 요구사항 도출 및 핵심 요소기술 분석 ■ LBS기반 이송차량 위치 추적 시스템 기술 연구 • LBS 선행기술 조사 및 분석 • 관련 특허/논문/시장 세부 분석 • RSSI 기반 LBS 기술 연구 및 성능평가 • footprint기반으로 인공지능 기술을 활용한 LBS 기술 연구 ■ WAVE 기반 이송차량과 통합 제어 시스템 프로토콜 설계 • IEEE 802.11p 기반 통신 프로토콜 제안 • 상세 설계안 도출
2차년도 (2021년)	■ 단일 센서 기반의 이송차량 위치 인식 기술 연구 ■ 센서 퓨전 방식 연구 ■ 이송차량 절대위치 인식 기술 연구 ■ LBS기반 이송차량 위치 추적 시작품 제작 및 성능 최적화 연구 ■ 시뮬레이션 기반 이송차량과 제어 시스템 간 무선통신 성	■ 단일 센서 기반의 이송차량 위치 인식 기술 연구 • 단일 센서 기반의 최적 인식기 선정 • 상세 인식기 설계안 도출 • 최적 파라미터 설계 방안 연구 ■ 센서 퓨전 방식 연구 • 확률 기반의 센서 퓨전 방법 연구 • 기계학습 기반의 센서 퓨전 방법 연구 ■ 이송차량 절대위치 인식 기술 연구 • 컨테이너 이송시스템 구조 분석

	능 평가 및 최적화 연구 ■ 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 보안 이슈 및 관련 기술 분석	• 센서 퓨전을 통한 이송차량의 절대위치 인식 방법 연구 ■ LBS기반 이송차량 위치 추적 시작품 제작 및 성능 최적화 연구 • footprint기반으로 인공지능 기술을 접목한 LBS 방법 제안 • RSSI기반 LBS 방법 제안 • 각 방법의 성능평가 및 최적화 ■ 시뮬레이션 기반 이송차량과 제어 시스템 간 무선통신 성능 평가 및 최적화 연구 • Network Simulator (NS)를 활용한 V2X 무선통신 시뮬레이터 구현 • 시뮬레이션을 통한 성능평가 및 최적화 • 멀티-피직스(전자계해석 · 열해석 · 유동해석 · 구조해석) 분석 기법 정립 ■ 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 보안 이슈 및 관련 기술 분석 • 이송차량 정보시스템 취약점 분석 • IEEE 802.11p 프로토콜 취약점 분석 • 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 취약점 분석 • 모의 해킹 등 능동형 · 전략형 침투 방법론 연구
3차년도 (2022년)	■ 이송차량 상호 거리 인식 알고리즘 개발 ■ 위치 인식 기술 프로그램 개발 및 성능 검증 ■ 컨테이너 이송시스템 인터페이스 연구 ■ LBS기반 이송차량 위치 추적 시작품 제작 및 성능 최적화 연구 (연속) ■ 이송차량용 무선통신 단말 시작품 제작 및 성능 평가 ■ 제어시스템용 무선통신 S/W모듈 개발 및 성능평가 ■ 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 보안 취약점 패치 기술 연구	■ 이송차량 상호 거리 인식 알고리즘 개발 • 이송차량의 속도 분석 시스템 개발 • 이송차량 간 상대위치 인식 기술 개발 • 이송차량 간 상호 거리 분석 기술 개발 ■ 위치 인식 기술 프로그램 개발 및 성능 검증 • 컨테이너 상하차 시 위치 인식 기술 개발 • 위치 인식 기술 프로그램 개발 및 효율화 • 각 모듈별 성능 및 효율 평가기술 개발 • 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 신뢰성 평가 및 성능 검증 ■ 컨테이너 이송시스템 인터페이스 연구 • 속도 및 정보 교환 위한 신호처리 기법 개발 ■ LBS기반 이송차량 위치 추적 시작품 제작 및 성능 최적화 연구 (연속) • footprint기반으로 인공지능 기술을 접목한 LBS 방법 제안 • RSSI기반 LBS 방법 제안 • 각 방법의 성능평가 및 최적화 ■ 이송차량용 무선통신 단말 시작품 제작 및 성능 평가 • 컨테이너 이송차량용 단말 시작품 설계 및 구현 • 컨테이너 이송차량용 단말 시작품 장착 및

		동작 시험 검증 • 컨테이너 이송차량용 단말 시작품 무선통신 관점 성능평가 및 최적화 ■ 제어시스템용 무선통신 S/W모듈 개발 및 성능평가 • 제어시스템용 무선통신 S/W 모듈 설계 및 구현 • 제어시스템용 무선통신 S/W 모듈 통신관점 성능평가 및 최적화 ■ 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 보안 취약점 패치 기술 연구 • 기존 취약점 패치방안 적용 • Secure코딩 방법 등을 적용한 통신 프로토콜 구현 • 제로 데이 취약점에 대한 신속대응 방안 연구
4차년도 (2023년)	■ 이송차량 제어 알고리즘 개발 ■ LBS기반 이송차량 위치 추적 성능 평가 및 고도화 ■ 이송차량용 무선통신 단말 시작품 성능평가 및 고도화 ■ 제어시스템용 무선통신 S/W모듈 성능평가 및 고도화 ■ 컨테이너 이송차량 관리 및 통합제어 시스템 종합 실증 시험 ■ 컨테이너 이송차량 관리 및 통합제어 시스템 Test-bed 설계/구축/운영(안) 도출 ■ 컨테이너 이송차량 관리 및 통합제어 시스템 관리 기술 적용성 검토	■ 이송차량 제어 알고리즘 개발 • 상호출동 방지 시스템 최적 설계 • 이송시스템 인터페이스를 이용한 상호출동 방지 시스템 시작품 제작 ■ LBS기반 이송차량 위치 추적 성능 평가 및 고도화 • footprint기반으로 인공지능 기술을 접목한 LBS 방법 최적화 및 고도화 • RSSI기반 LBS 방법 최적화 및 고도화 ■ 이송차량용 무선통신 단말 시작품 성능평가 및 고도화 • 컨테이너 이송차량용 단말 시작품 무선통신 관점 최적화 및 고도화 ■ 제어시스템용 무선통신 S/W모듈 성능평가 및 고도화 • 제어시스템용 무선통신 S/W 모듈 통신관점 최적화 및 고도화 ■ 컨테이너 이송차량 관리 및 통합제어 시스템 종합 실증 시험 • 종합 실증 시험 설비 구축 • 컨테이너 이송차량 관리 및 통합제어 시스템 실증 시험 및 신뢰성 평가 ■ 컨테이너 이송차량 관리 및 통합제어 시스템 Test-bed 설계/구축/운영(안) 도출 • Test-bed 요구사항 분석 • Test-bed 설계/구축 및 운영(안) 도출 및 분석 • 컨테이너 이송차량 관리 및 통합제어 시스템 신뢰성 입증시험(안) 도출 ■ 컨테이너 이송차량 관리 및 통합제어 시스템 관리 기술 적용성 검토

마. 세부과제별 추진전략 및 추진체계

◉ 추진 전략



<그림 6-19> 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술개발 추진 전략

○ 산학연 협동 및 단계별 기술개발 추진
- 산학연의 역할분담 및 관련 전문가・전문기관 협력체계 구축
- 개념설계를 통한 시제품 사양 결정 및 아키텍처 개발
- 핵심기술에 대한 시제품의 설계・제작・시험 추진
- 시험평가를 통한 기술 실용화 가능성 검증

○ 최신의 인공지능 기술을 이용한 통합 제어시스템 개발 추진
- 네트워크 기반 통합 제어시스템 분야의 최신 연구 동향에 대한 세미나 개최
- 국내외 유수 학술대회 참가 및 학술지 투고
- 국외 전문가 활용 등을 통한 선진기술 습득 및 연구결과 검증을 위하여 다양한 분야의 전문가 활용

○ 참여연구원들 간 긴밀한 공동 연구 환경 구축
- 정기적 내부세미나 개최 : 참여연구원들의 연구지식 및 연구진행 상황, 최신연구 동향 등 공유
- 성능 평가를 위한 공동 성능분석 환경 구축 - 연구결과에 대한 피드백 및 성능개선 도모
- 파악된 문제의 해결을 위해 공동의 연구가 필요한 경우, 관련 참여연구진들로 구성된 문제중심적(problem-oriented) 연구팀을 추가로 구성해서 신속하게 우수한 연구결과를 도출
- 최종 연구년도에는 업무별 연구원들 간 보다 긴밀한 협력체계 구축을 위해 세미나 및 구현을 통한 성능분석 환경 공유를 강화
- 모든 참여 연구 인력들은 연구세미나 및 공유회의 등에 대해서 주도적으로 참여,

핵심 IPR을 확보
- 국외 전문가 활용 등을 통한 선진기술 습득 및 연구결과 검증을 위하여 다양한 분야의 전문가 활용

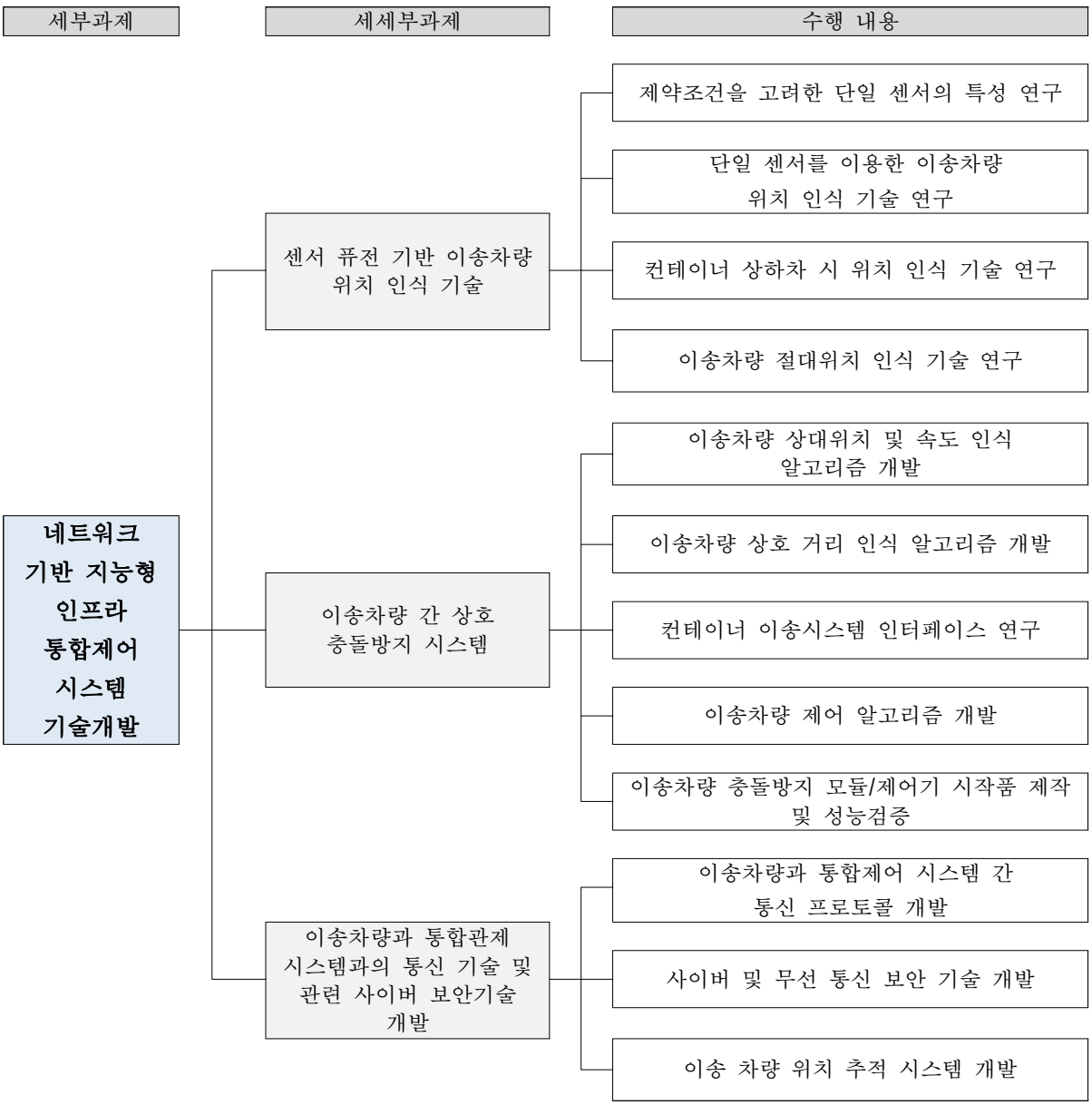
○ 체계화된 연구 개발 환경의 구축
- 기존 관련 연구를 취합함에 있어서 해당 분야의 전문 지식을 보유한 연구진과 협력 체계를 구축
- 취합된 자료를 기반으로 기존 연구의 문제점을 파악하는데 있어서 관련 업무별 연구원들간 협력 체계를 형성
- 파악된 문제점에 대한 해결 방안을 도출하는데 있어서 전문 지식을 보유한 연구진과 협력 체계 구축
- 해결 방안에 대한 성능분석을 수행하는데 있어서 가급적 공동의 성능분석 환경을 이용함으로써 성능분석 환경의 완벽성 지향

○ 성능분석 및 구현환경의 구축
- 신뢰성 있는 네트워크 시뮬레이터 NS, 구글 Analytics, Hadoop 빅데이터 플랫폼 및 인공지능 플랫폼 Tensor Flow 활용

○ 산학연 연구협력체계 구축
- 관련 분야의 산학연 전문가를 초빙 및 기술협조, 데이터공유, 기술 세미나 개최, 튜토리얼 개최 등 긴밀한 산학연 협력체계를 구축을 통해 실용적 연구결과 도출 지향
- 특히, 사이버 보안 분야 출연연인 국보연과의 긴밀한 협조관계를 유지하여 관련연구 결과를 공유하고 분석에 필요한 데이터를 확보하는 등 상호협력 추진
- 새로운 추진시스템의 적용과 테스트베드 구축/운영을 위해 S/W 및 네트워크 관련 산업체 참여 유도

○ 연구 성과 홍보를 통해 기술이전 및 실용화 확산 노력

◉ 추진 체계



○ 국내 물류, 철도, 네트워크, 보안, 인공지능 전문가 그룹을 구성하고 산학연 연계 및 정부 지원 하에 연구를 수행

○ 시작품 제작 및 시험 평가를 위해 관련 산업체의 참여가 반드시 필요하며, 기초 요소기술 연구를 위한 대학 등의 연구기관 참여가 바람직함

○ 원천기술 및 시제품의 테스트베드를 통한 실증을 위해 컨테이너 물류 운영기관의 참여가 바람직함

○ 연구내용의 검증 및 객관성 확보를 위해 외부 전문가 자문위원회 구성 및 운영하고, 연구내용의 기술적·정책적·경제적 보완사항에 대한 자문을 받을 것

○ 연구개발 성과의 실제적용 과정에서 설계사항 변경가능성을 줄일 수 있도록 연구과정에서 무선통신 및 인공지능을 보유한 기관을 반드시 참여하도록 함

○ 본 연구는 산·학·연 공동연구를 기본으로 하며, 필요시 선도적 위치에 있는 해외 기관 및 전문가와 공동연구를 추진할 수 있음

○ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모할 것

○ 연구진의 연구 참여율을 높여 연구 집중도 제고 필요

○ 참여 연구기관 간 유기적인 협력 체계를 구축할 것

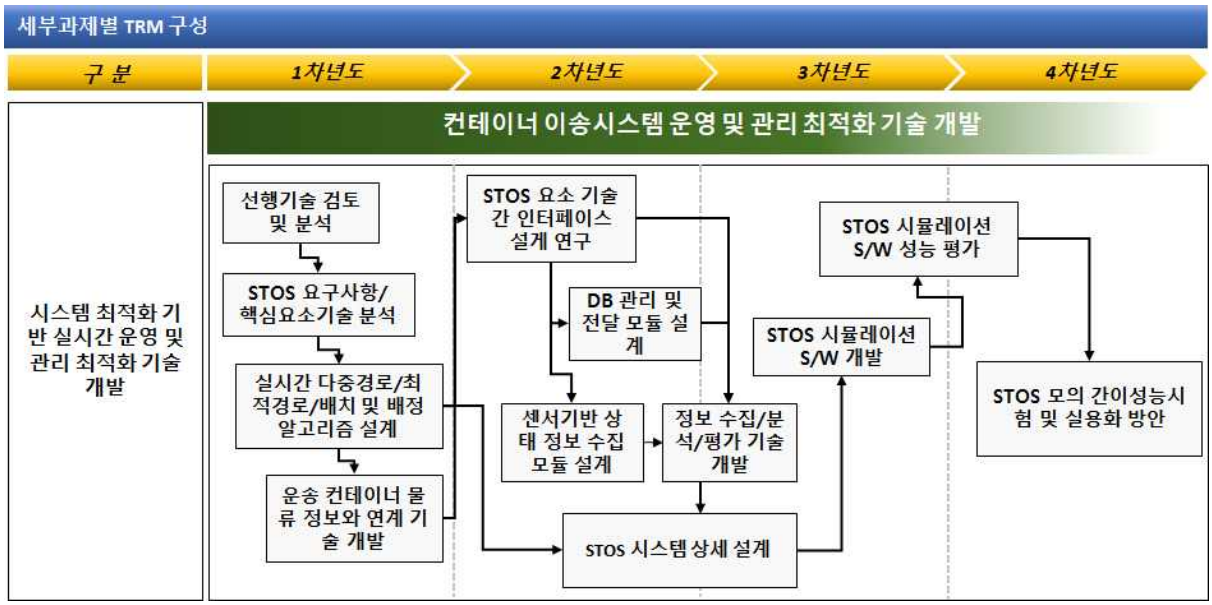
○ 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제 간 연계성 확보 및 협조 체계 구축

제 3 절 과제별 기술로드맵 및 성과로드맵

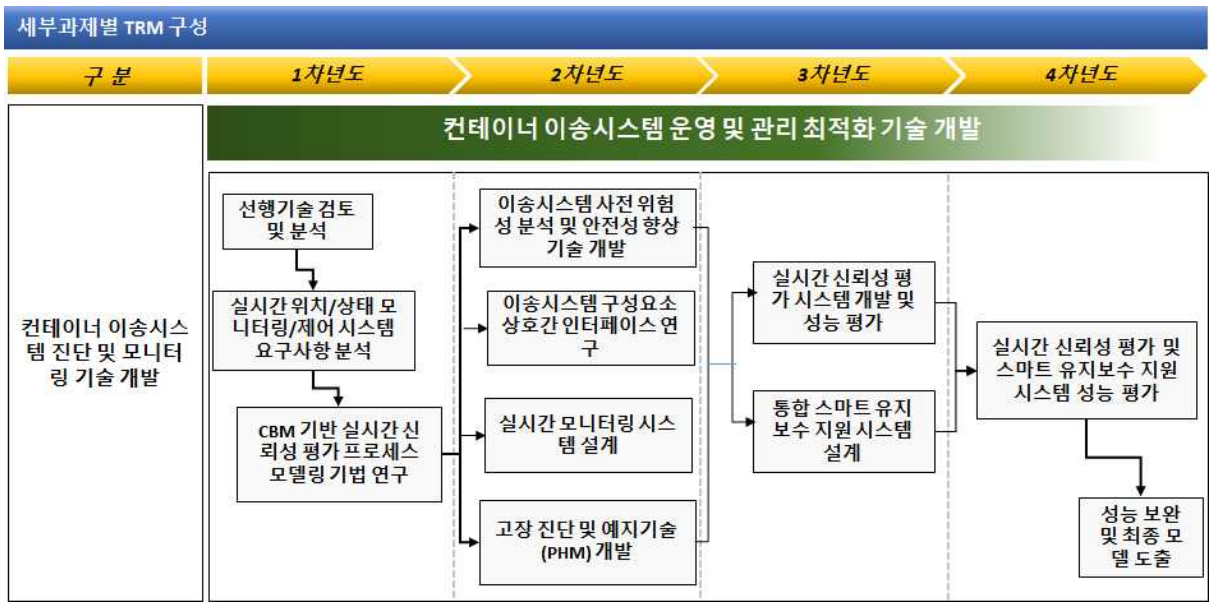
1. 물류 운영 최적화 기술 분야

가. 세세부 과제별·연차별 기술로드맵

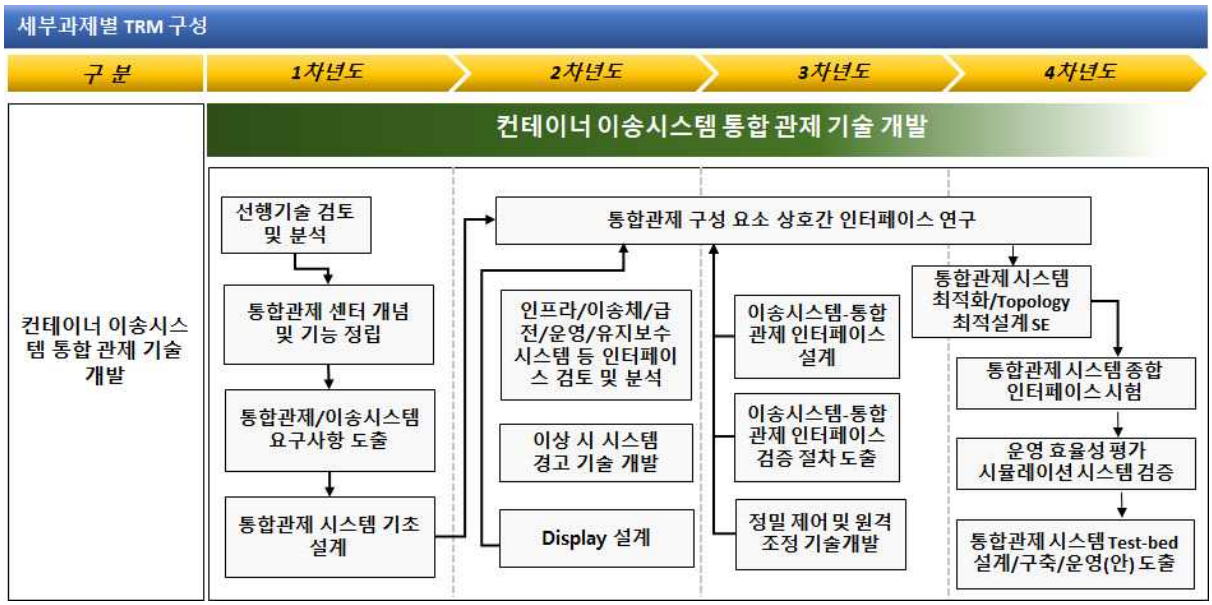
① 시스템 최적화 기반 실시간 운영 및 관리 최적화 기술 개발



② 컨테이너 이송시스템 진단 및 모니터링 기술 개발



③ 컨테이너 이송시스템 통합 관제 기술 개발



나. 과제별 성과목표

□ 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발

단계	세세부 분야	성 과
컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발 (2020~2023)	시스템 최적화 기반 실시간 운영 및 관리 최적화 기술 개발	• 스마트 터미널 운영 시스템(STOS)의 기초/상세 및 최적 설계 기법 확보 • 실시간 최적경로 선정 및 이송시스템 배정/배치 기법 확보 • 운송 컨테이너 물류정보와 연계한 자동화 기술 확보 • 스마트 터미널 운영 시스템(STOS) 시작품의 모의 간이 성능시험 및 평가 기술 확보
	컨테이너 이송시스템 진단 및 모니터링 기술 개발	• 지능 정보(IoT, 인공지능, 빅데이터 등) 활용 기법 확보 • 실시간 모니터링 및 제어 기술 확보 • CBM 기반 실시간 신뢰성 평가 시스템 구축 기술 확보 • 컨테이너 이송시스템 고장 진단 및 수명 예측 기술 확보 • 컨테이너 이송시스템 구성품별 안정성 시험 및 신뢰성 시험 기술 확보 • On/Off 통합 스마트 유지보수지원 시스

단계	세세부 분야	성 과
		템 구축 기술 확보 • 고장 예지 및 건전성 관리 기술 확보 • 컨테이너 이송시스템 진단 및 모니터링 시스템 시작품의 모의 간이 성능시험 및 평가 기술 확보
	컨테이너 이송시스템 통합 관제 기술	• 컨테이너 이송시스템 통합관제 설계/검증 기술 확보 • 시스템 경고 기술 확보 • 정밀 제어 및 원격 조정 기술 확보 • 통합관제 종합 인터페이스 시험 및 신뢰성 평가 기술 확보 • 운영 효율성 평가 시뮬레이션 기술 확보 • 통합관제 Test-bed 설계 기술 확보

다. 과제별 성과목표에 대한 성과지표

□ 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발

성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	가중치 (0 ~ 1)	목표치 설정근거
컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술개발	시간당 컨테이너 처리량	• 시간당 컨테이너 처리량 향상 기술 • 시뮬레이션 알고리즘 개발을 통한 성능 평가	%	50 이상	0.3	• 기존 터미널 대비 시간당 컨테이너 처리량 향상 • 무인 자동화 스마트 터미널 운영 기술 개발
	터미널 운영비용 절감	• STOS 시작품 개발을 통한 성능 평가	%	10 이상	0.3	• 최적화된 무인자동 시스템 운영기술개발 • 운송컨테이너 물류정보와 연계한 자동화 기술 개발
	컨테이너 이송시스템 신뢰성 향상	• 모의 시뮬레이션 • CBM기반 실시간 신뢰성 평가 시스템 성능평가 • 실시간 모니터링 및 제어 성능 평가 • 스마트 유지보수 지원 시스템 성능 평가		성과 보고서 기초 설계 문서	0.2	• 실시간 모니터링 및 제어기술 • CBM 기반 실시간 신뢰성 평가 • 고장진단 및 수명예측 • On/Off 통합 스마트 유지보수지원 시스템

성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	가중치 (0 ~ 1)	목표치 설정근거
	통합관제기술	• 통합관제 운영 효율성 평가 • 통합관제 종합 인터페이스 시험 • 통 합 관 제 Test-bed 설계 검증		성과 보고서 기초 설계 문서	0.2	• 통합관제 설계/검증 기술 개발 • 종합 인터페이스 시험 • 통합관제 Test-bed 설계 기술

라. 과제별 실용화 방안 및 성과로드맵

□ 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발

○ 21세기 저탄소 녹색성장을 선도하는 글로벌 물류강국 실현을 위하여 2011년~2020년까지 “국가물류기본계획”을 수립함

○ 2011년부터 정부는 “물류에너지 목표관리제” 및 “녹색물류전환 사업” 지원을 시작하고, 2013년도부터 “우수녹색물류실천기업” 인증지침 마련 및 인증 시행을 통하여 녹색물류체계 및 선진물류체계 구축 노력을 기울임

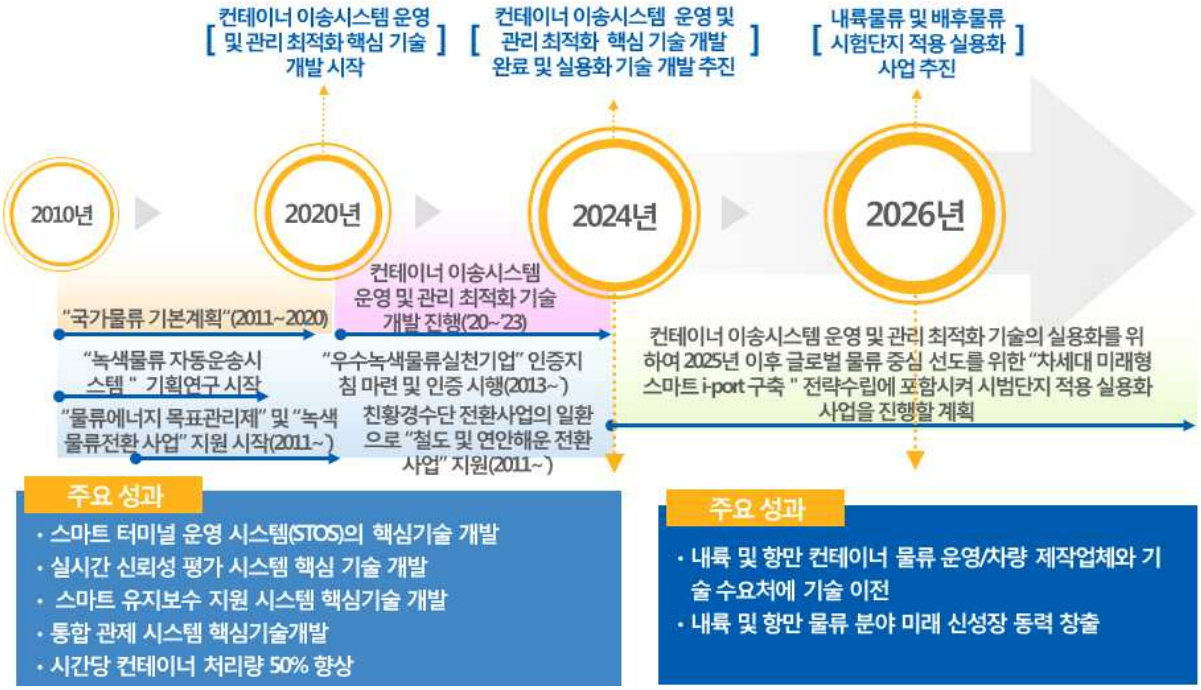
○ 친환경수단 전환사업 추진 및 물류인프라의 환경친화성 제고를 위하여 “철도 및 연안해운 전환사업” 지원을 2011년도부터 추진하고 있음

○ 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 시스템의 실용화를 위해 정부의 “국가물류 기본계획 2단계(2021~) 로드맵”에 포함시켜서 중장기적으로 내륙물류/배후단지 및 항만물류 자동이송시스템에 적용 가능한 수준으로 실용화 기술을 준비시켜야함

○ 내륙물류/배후단지 및 항만물류 자동이송시스템에 적용 가능한 수준의 기술 개발을 위하여 1단계(2020~2023)에 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 핵심기술 개발을 완료하고, 2단계(2024~2025)에 실용화 사업에서 내륙물류/배후단지 및 항만물류 자동이송시스템 실용화 기술을 개발 완료하도록 함

○ 개발 완료된 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술의 실용화를 위하여 2025년 이후 글로벌 물류 중심 선도를 위한 “차세대 미래형 스마트 i-port 구축 " 전략수립에 포함시켜 시범단지 적용 실용화 사업을 진행할 계획임

○ 추가적으로 세계시장 선도형 연구개발(R&D)을 통해 스마트 물류자동 이송시스템의 기술경쟁력을 확보하고, 해외시장에 적극 진출하기 위한 장기적 실용화 방안을 모색할 계획임

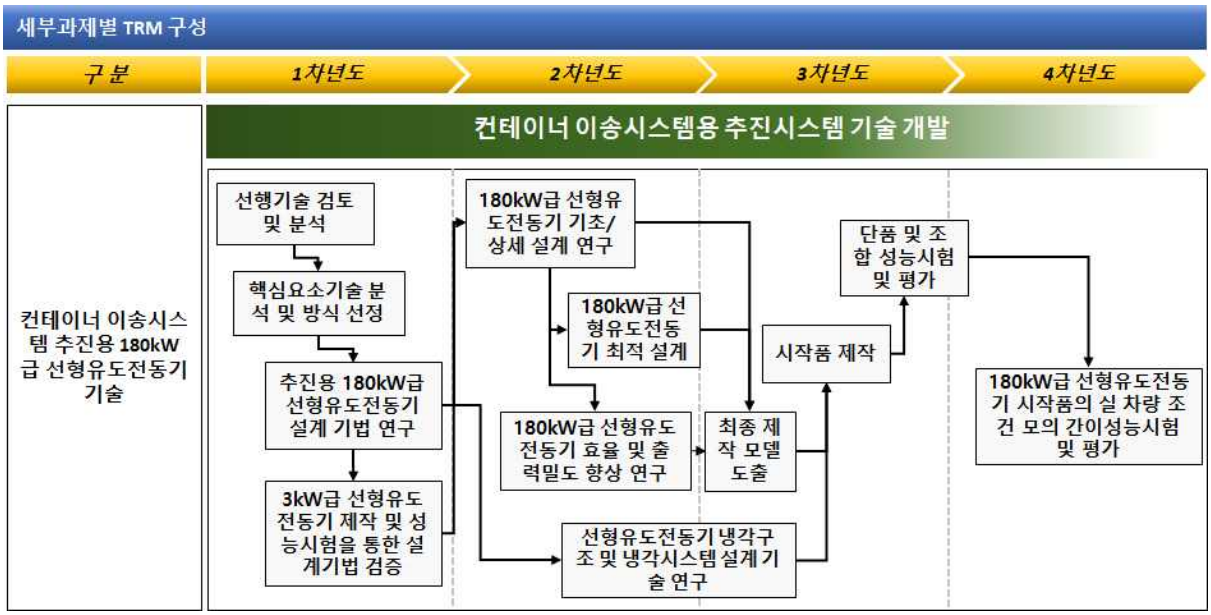


<그림 6-20> 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술개발 과제의 실용화 방안 및 성과로드맵

2. 컨테이너 이송시스템 추진시스템 기술 분야

가. 세세부 과제별·연차별 기술로드맵

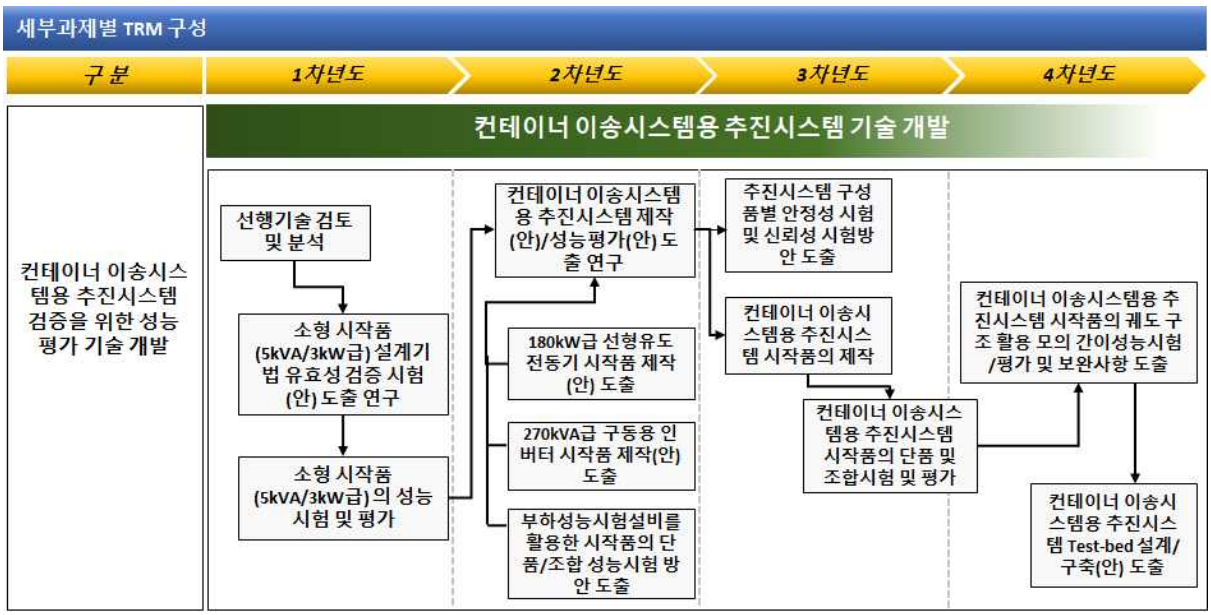
① 컨테이너 이송시스템 추진용 180kW급 선형유도전동기 기술 개발



② 컨테이너 이송시스템 추진용 270kVA급 경량화된 제어기 기술 개발



③ 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 검증을 위한 성능 평가 기술 개발



나. 과제별 성과목표

□ 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술 개발

단계	세세부 분야	성 과
내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술 개발 (2020~2023)	컨테이너 이송시스템 추진용 180kW급 선형유도전동기 기술 개발	• 컨테이너 이송시스템 추진용 180kW급 선형유도전동기의 기초/상세 및 최적 설계 기법 확보 • 180kW급 선형유도전동기의 효율 및 출력밀도 향상 기법 확보 • 선형유도전동기 냉각 구조 설계 및 강성/안전/안정성 해석 기법 확보 • 기존 시스템 대비 이송속도 50% 향상 기술 확보
	컨테이너 이송시스템 추진용 270kVA급 경량화된 제어기 기술 개발	• 컨테이너 이송시스템 추진용 선형유도전동기 구동을 위한 제어 알고리즘 기술 확보 • 고정밀 제어기술 확보 및 선형유도전동기 연동 제어모델 구축 • 구동용 인버터의 효율 및 출력밀도 향상 기법 확보 • 인버터 냉각 구조 설계 기술 확보 • 전력변환 모듈/제어기 경량 모듈화 설계 및 최적화 기술 확보
	컨테이너	• 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 구성

단계	세세부 분야	성 과
	이송시스템용 추진시스템 검증을 위한 성능 평가기술 개발	품별 안정성 시험 및 신뢰성 시험 기술 확보 • 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 시작품의 궤도 구조 활용 모의 간이성능시험 및 평가 기술 확보 • 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 Test-bed 설계 기술 확보

다. 과제별 성과목표에 대한 성과지표

□ 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술 개발

성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	가중치 (0 ~ 1)	목표치 설정근거
내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술 개발	선형유도전동기의 정격 추력	• 모의 시뮬레이션 • 180kW급 시제품 제작 및 부하장치를 통한 성능시험	kN	16	0.15	• 60ton급 컨테이너 이송용 차량의 운영조건을 고려하여 이에 따른 요구 추력 설정
	선형유도전동기의 효율*역률($\eta \times \cos\theta$)	• 모의 시뮬레이션 • 180kW급 시제품 제작 및 부하장치를 통한 성능시험 • 정격효율을 측정		0.35 이상	0.15	• 기존 철도차량 추진용 선형유도전동기 시스템의 $\eta \times \cos\theta$는 0.35 이상 수준임을 고려하여 설정
	선형유도전동기의 온도 성능 향상	• 모의 시뮬레이션 • 180kW급 시제품의 부하장치를 통한 정격운전 조건에서의 연속구동 • 성능시험 시 1시간 동안의 온도변화가 2℃이내로 될 때 권선의 온도와 저항 측정	℃	270(↓)	0.1	• 권선의 H종 절연실시 • H종 절연의 온도상승 한계가 270℃ 임
	선형유도전동기 구동용 인버터의 정격용량	• 시작품의 정격부하 측정	kVA	270	0.15	• 180kW급 선형전동기 정격용량을 고려하여 계산 적용
	선형유도전동기	• 270kVA급 시작	%	95	0.15	• 기존 유도전동기 구동

성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	가중치 (0 ~ 1)	목표치 설정근거
	구동용 인버터의 최대 효율	품 제작 및 부하 장치를 통한 성능시험 • 입력 DC 전압 전류 측정 및 출력 AC 전압 전류 측정에 의한 입출력 최대효율 측정		이상		용 3상 인버터 최대효율 95% 기준
	컨테이너 이송 시스템의 이송 속도	• 선형유도전동기/구동용 전력변환장치의 설계 결과 기반으로 간이성능시험에서 기준에 따른 시험 수행	%	50% 향상	0.1	• 기존 시스템의 표정속도 20km/h 이하 • 본 연구에서 도출되는 선형추진시스템의 일반적인 성능 사례에 근거
	컨테이너 이송시스템용 추진시스템 구성품의 단품/조합성능 시험성적서	• 선형유도전동기/구동용 전력변환장치/차상전원공급장치의 단품/조합성능시험 기준에 따른 시험 수행		시험 성적서 획득	0.1	• 도시형 자기부상열차용 선형추진시스템 성능시험 기준을 고려하여 적용 가능 부분 도출
	컨테이너 이송시스템용 추진시스템 시작품의 궤도 구조 활용 모의간이성능시험성적서	• 선형유도전동기/구동용 전력변환장치/차상전원공급장치의 궤도 구조 활용 모의간이성능시험이 가능한 설비에서의 성능시험 기준에 따른 시험 수행		시험 성적서 획득	0.1	• 궤도 구조 활용 컨테이너 이송시스템 모의 간이성능시험이 가능한 설비에서의 성능시험이 가능한 부분 도출

라. 과제별 실용화 방안 및 성과로드맵

□ 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술 개발

○ 21세기 저탄소 녹색성장을 선도하는 글로벌 물류강국 실현을 위하여 2011년~2020까지 “국가물류기본계획”을 수립함

○ 2011년부터 정부는 “물류에너지 목표관리제” 및 “녹색물류전환 사업” 지원을 시작하고, 2013년도부터 “우수녹색물류실천기업” 인증지침 마련 및 인증 시행을 통하여 녹색물류체계 및 선진물류체계 구축 노력을 기울임

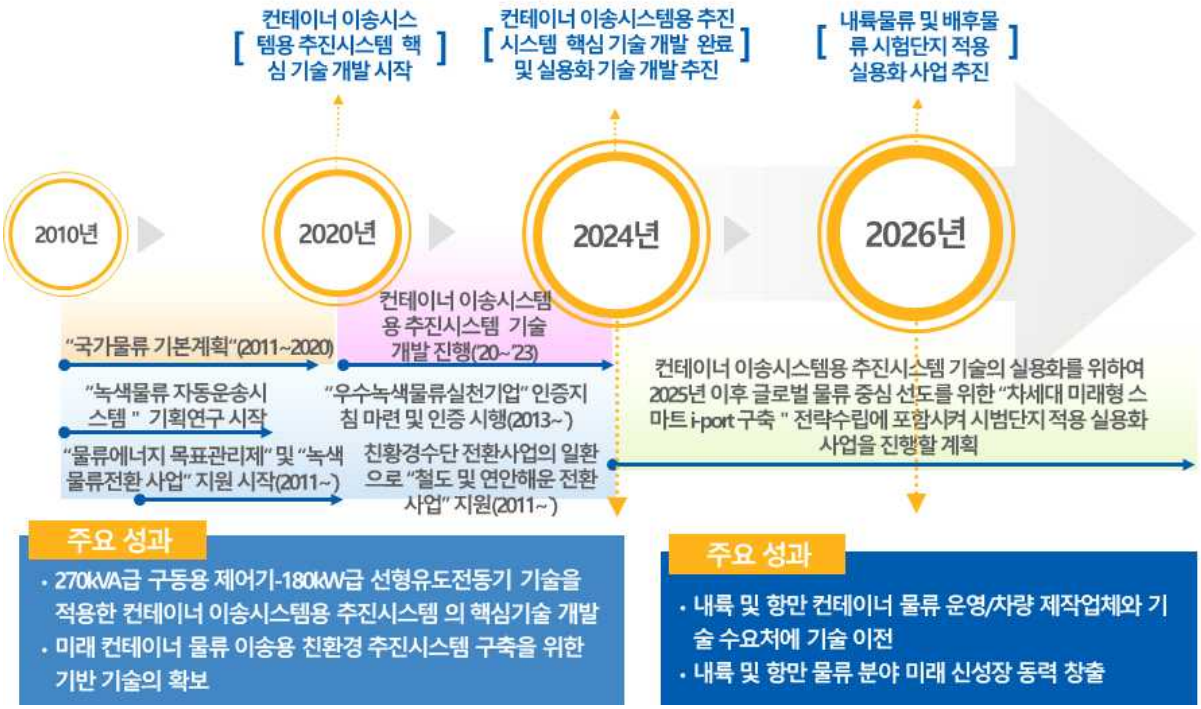
○ 친환경수단 전환사업 추진 및 물류인프라의 환경친화성 제고를 위하여 “철도 및 연안해운 전환사업” 지원을 2011년도부터 추진하고 있음

○ 컨테이너 이송시스템용 추진시스템의 실용화를 위해 정부의 “국가물류기본계획 2단계 (2021~) 로드맵”에 포함시켜서 중장기적으로 내륙물류/배후단지 및 항만물류 자동이송 시스템에 적용 가능한 수준으로 실용화 기술을 준비시켜야함

○ 내륙물류/배후단지 및 항만물류 자동이송시스템에 적용 가능한 수준의 기술 개발을 위하여 1단계(2020~2023)에 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 핵심기술 개발을 완료하고, 2단계(2024~2025)에 실용화 사업에서 내륙물류/배후단지 및 항만물류 자동이송시스템용 실용화 기술을 개발 완료하도록 함

○ 개발 완료된 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술의 실용화를 위하여 2025년 이후 글로벌 물류 중심 선도를 위한 “차세대 미래형 스마트 i-port 구축 " 전략수립에 포함시켜 시범단지 적용 실용화 사업을 진행할 계획임

○ 추가적으로 세계시장 선도형 연구개발(R&D)을 통해 스마트 물류자동 이송시스템의 기술경쟁력을 확보하고, 해외시장에 적극 진출하기 위한 장기적 실용화 방안을 모색할 계획임

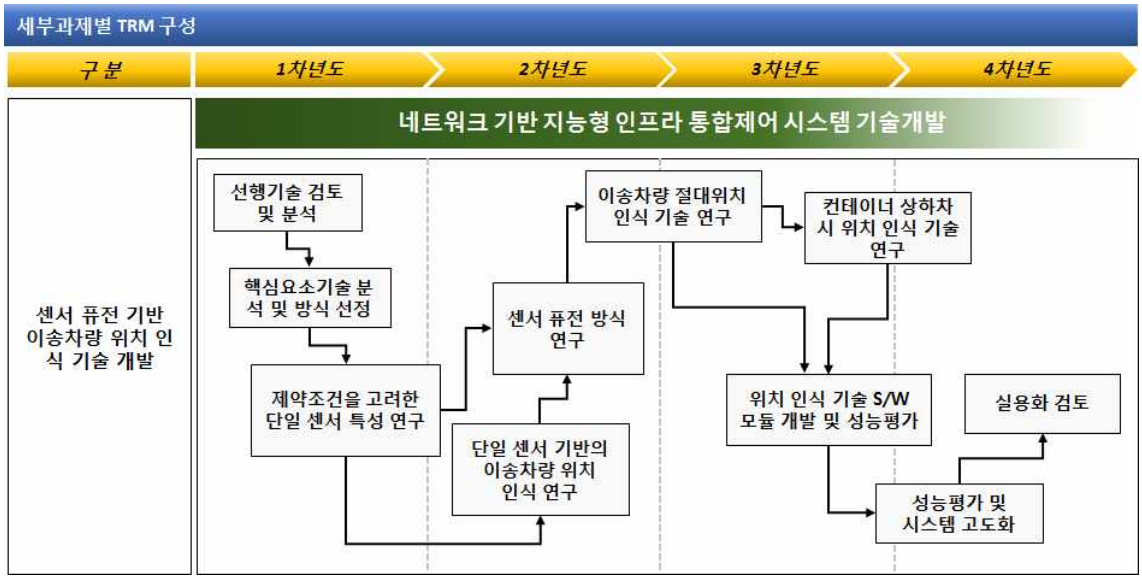


<그림 6-21> 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술개발 과제의 실용화 방안 및 성과로드맵

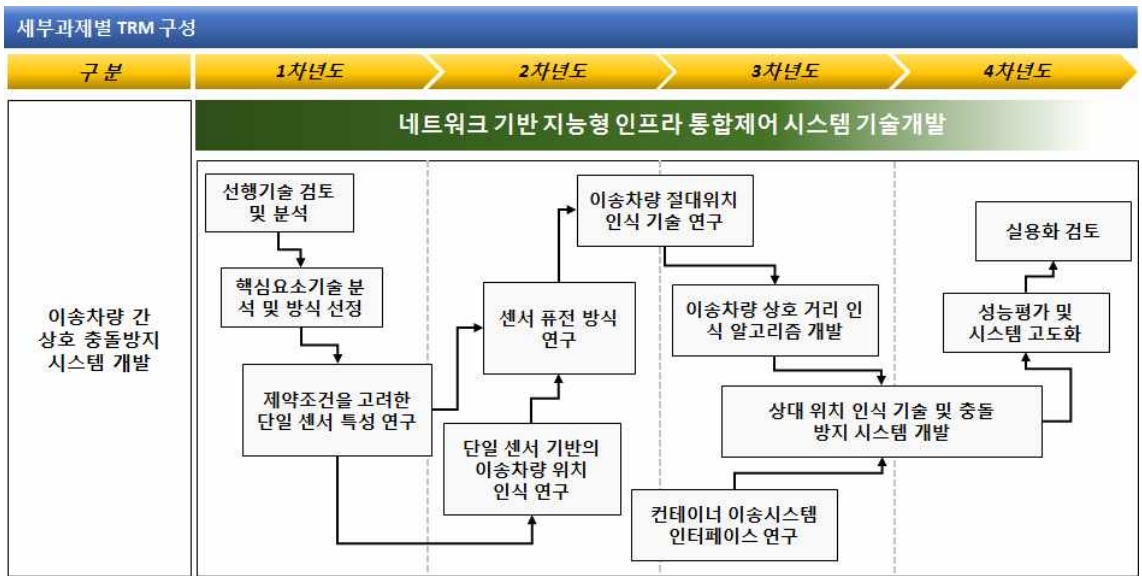
3. 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 분야

가. 세세부 과제별·연차별 기술로드맵

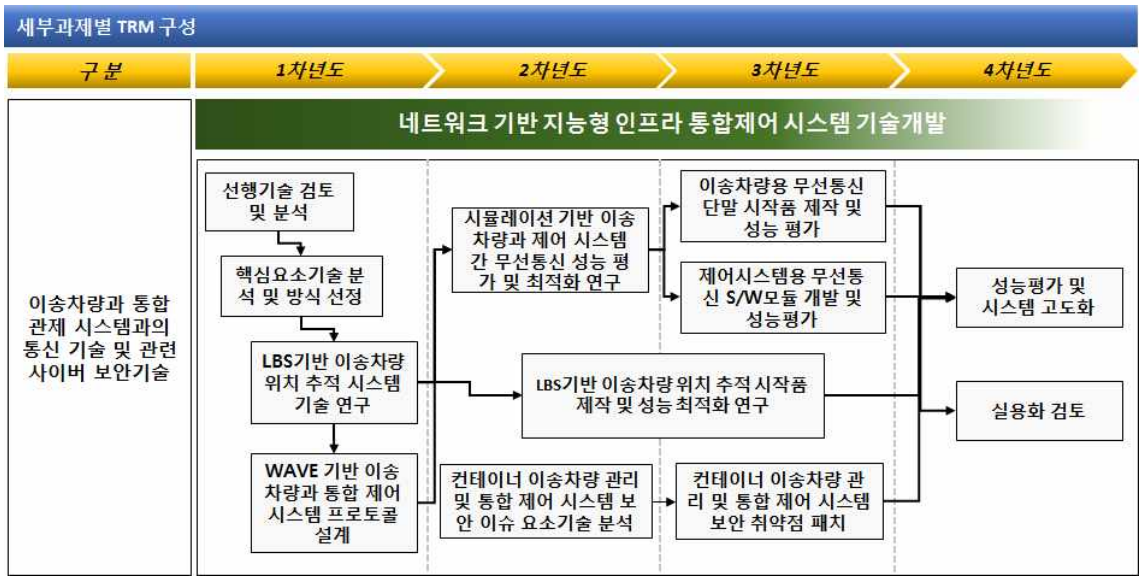
① 센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술 개발



② 이송차량 간 상호 충돌방지 시스템 개발



③ 이송차량과 통합관제 시스템과의 통신 기술 및 관련 사이버 보안기술



나. 과제별 성과목표

□ 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발

단계	세세부 분야	성 과
네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발 (2020~2023)	센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술 개발	• 인공지능 기반의 센서 퓨전 기법 도출 • 이송차량 절대위치 인식 기술 도출 • 컨테이너 위치 인식 기술 도출
	이송차량 간 상호 충돌방지 시스템 개발	• 이송차량 상호 거리 인식 기술 도출 • 이송차량 충돌방지 제어 기술 고도화, 실용화 검토
	이송차량과 통합관제 시스템과의 통신 기술 및 관련 사이버 보안기술 개발	• 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 설계 및 제어 기법 도출 • 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 성능 최적화 및 보안이슈 검토 • 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 시작품 제작 및 보안 취약점 보완 • 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 성능평가 및 고도화, 실용화 검토

다. 과제별 성과목표에 대한 성과지표

□ 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발

성과목표	성과지표	측정방법	단위	목표치	가중치 (0 ~ 1)	목표치 설정근거
네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발	이송차량 위치 인식률	• 모의 시뮬레이션 • 이송차량 위치 인식 S/W 제작 및 데이터베이스를 통한 성능시험	%	99	0.2	• 충돌 방지를 최소화하기 위한 위치 인식률 설정
	이송차량 상호 거리 인식률	• 모의 시뮬레이션 • 이송차량 상호 거리 S/W 제작 및 데이터베이스를 통한 성능시험	%	99	0.3	• 충돌 방지를 최소화하기 위한 상호 거리 인식률 설정
	이송차량과 통합 제어 시스템간 데이터 전송률	• 모의 시뮬레이션 • 단말 및 제어시스템 S/W 시작품 제작 및 데이터 전송을 통한 성능시험	mbps	54	0.2	• 10MHz Single channel 기준 • WAVE통신의 최대 전송률이 27bps 수준임을 고려하여 2배 성능향상 목표
	이송차량과 통합 제어 시스템간 데이터 전송 지연	• 모의 시뮬레이션 • 단말 및 제어시스템 S/W 시작품 제작 및 데이터 전송을 통한 성능시험	msec	50	0.2	• 기존 WAVE통신에서 최대 전송률을 가질 때 최소지연시간이 20ms임을 고려 • 전송률 증가에 따른 지연시간 추가 증가 최소화
	통합제어 시스템 취약점 발견 및 패치 건수	• 데이터 암호화/복호화 지원여부 • 다채널 지원여부 등 인증평가 기관을 통한 종합취약점 진단 및 패치여부	보안 패치율	100	0.1	• 인증평가 기관을 통한 보안성 검토 및 발견 취약점 패치

라. 과제별 실용화 방안 및 성과로드맵

□ 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발

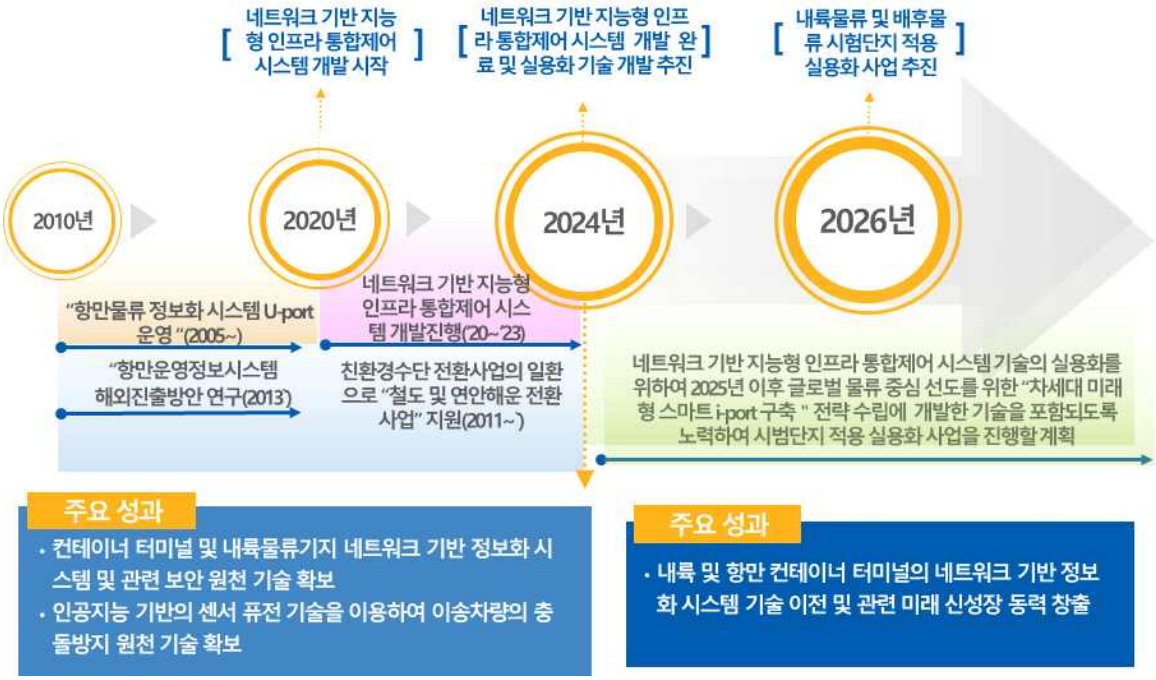
○ 항만분야 자동화 Container Terminal 및 물류정보화의 노력의 일환으로 정부주도 항만물류 정보화 시스템(U-Port)을 구축・운영

○ 2013년부터 정부는 항만물류 정보화 시스템의 해외 진출 방안을 모색하고 있음. 이에 발맞추어 내륙물류기지 및 철도분야 ICT기술을 통한 정보화에 대한 필요성이 재기되고 있음

○ 내륙물류/배후단지 및 항만물류 자동이송시스템에 적용 가능한 수준의 기술 개발을 위하여 1단계(2020~2023)에 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템의 핵심 기술 개발을 완료하고, 2단계(2024~2025)에 실용화 사업에서 내륙물류/배후단지 및 항만물류 자동이송시스템용 실용화 기술을 개발 완료하도록 함

○ 개발 완료된 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술의 실용화를 위하여 2025년 이후 글로벌 물류 중심 선도를 위한 “차세대 미래형 스마트 i-port 구축 " 전략수립에 포함시켜 시범단지 적용 실용화 사업을 진행할 계획임

○ 추가적으로 세계시장 선도형 연구개발(R&D)을 통해 스마트 물류자동 이송시스템의 기술경쟁력을 확보하고, 해외시장에 적극 진출하기 위한 장기적 실용화 방안을 모색할 계획임



<그림 6-22> 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술개발 과제의 실용화 방안 및 성과로드맵

제 7 장 인력투입계획 및 소요예산 산정

제 1 절 연구일정에 따른 인력투입계획

1. 전체사업 인력투입계획

총괄 소요인력 (단위 : Man-year)					
구분	1차년	2차년	3차년	4차년	합계
내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너 이송시스템 기술개발	7	13.5	17	16.5	54

2. 세부과제별 인력투입계획

세부과제별 소요인력 (단위 : Man-year)					
구분	1차년	2차년	3차년	4차년	합계
컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발	2	4.25	4.25	6.25	16.75
내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술 개발	4.25	6.25	9	8.5	28
네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발	0.75	3	3.75	1.75	9.25

제 2 절 소요예산 산정

1. 예산산정방법

(정부출연금 기준, 단위: 백만원)

세부과제	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발	477	946	1,124	1,032	3,579
인건비	144	306	306	450	1,206
직접비	239	439	620	280	1,578
간접비	94	201	198	302	795

세부과제	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술 개발	637	862	4,230	2,149	7,878
인건비	306	450	648	612	2,016
직접비	124	106	3,200	1,140	4,570
간접비	207	306	382	397	1,292

세부과제	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	합계
네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발	268	777	1,365	518	2,928
인건비	54	216	270	126	666
직접비	180	421	928	312	1,841
간접비	34	140	167	80	421

2. 전체사업 소요 예산

(단위: 백만원)

구분	1차년		2차년		3차년		4차년		합계		총계
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	
내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너 이송시스템 기술개발	1,381	0	2,584	0	6,719	0	3,700	0	14,385	0	14,385

3. 세부과제별 소요 예산

(단위: 백만원)

구분	1차년		2차년		3차년		4차년		합계		총계
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간	
컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발	477	0	946	0	1,124	0	1,032	0	3,579	0	3,579
내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술 개발	637	0	862	0	4,230	0	2,149	0	7,878	0	7,878
네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발	268	0	777	0	1,365	0	518	0	2,928	0	2,928
계	1,382	0	2,585	0	6,719	0	3,699	0	14,385	0	14,385

4. 세부기술별 소요 예산

(단위: 백만원)

핵심성과 (Lv1)		성과물 (Lv2)		단위활동 (Lv3)		상세내용 (Lv4)	소요예산	
							개별	소계
A	컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발	A-1	시스템 최적화 기반 실시간 운영 및 관리 최적화 기술개발	A-1-1	운영 정보 DB 관리 및 전달 기술 개발	선행기술 검토/분석 및 사용 조건에 따른 시스템 용량 산정 연구	70	290
						핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구	70	
						기초/상세 및 최적 설계 연구	150	
				A-1-2	센서기반 상태 정보 수집/분석/평가 기술 개발	고효율 센서 재료 분석 연구	60	210
						정보 수집/분석/평가 알고리즘 개발	150	
				A-1-3	스마트 터미널 운영 시스템(STOS) 기술 개발	선행기술 검토/분석 및 사용 조건에 따른 요구사항 분석	70	470
						STOS 구성 요소 설계 및 인터페이스 기술 연구	200	
						STOS 성능 검증 및 보완 연구	200	
				A-1-4	실시간 다중경로 생성 및 최적 경로 선정기술, 이송시스템 배치 및 배정 알고리즘 개발	다중/최적 경로 선정 기술 연구	70	290
						이송시스템 배치 및 배정 기술 연구	70	
						알고리즘 개발 및 성능 검증	150	
				A-1-5	운송 컨테이너 물류정보와 연계한 시스템 제어 기술	기존 컨테이너 물류정보와 인터페이스 방안 연구	70	220
						컨테이너 이송시스템 제어 기술 개발	150	
		A-1 소계					1,480	**1,480**
		A-2	컨테이너 이송시스템 진단 및 모니터링 기술 개발	A-2-1	IoT, 인공지능, 빅테이터 등 지능 정보 활용 기술개발	선행 기술 조사/분석 및 활용방안 도출	40	80
						지능 정보 활용 기술 개발	40	
				A-2-2	이송시스템-통합 관제간 신호 및 제어 명령 전달 기술 개발	이송시스템-통합 관제간 인터페이스 기법 연구	40	140
						신호 및 제어명령 전달 시스템 설계/성능 검증	100	
				A-2-3	실시간 위치/상태 모니터링 및 제어 기술 개발	실시간 위치/상태 모니터링 시스템 기초/상세 설계	100	320
						제어기술 개발 및 시작품 제작/최적화 연구	150	
						모니터링 및 제이 시스템 보완 설계 연구	70	
				A-2-4	CBM 기반 실시간 신뢰성 평가 프로세스 모델링 기술 개발	CBM 기반 신뢰성 평가 기술 개발	100	430
						신뢰성 평가 시스템 기초/상세 설계	150	
						시작품 제작/최적화/성능 검증	180	
				A-2-5	이송시스템 운영/유지보수 최적화 및 리스크 평가 기술 개발	리스크 평가 기술 개발	100	400
						유지보수 전문가 시스템 기초/상세 설계 연구	100	
						시작품 제작/최적화/성능 검증	200	
		A-2 소계					1,370	**1,370**

핵심성과 (Lv1)		성과물 (Lv2)		단위활동 (Lv3)		상세내용 (Lv4)	소요예산	
							개별	소계
		A-3	컨테이너 이송시스템 통합 관제 기술 개발	A-3-1	통합 관제 센터 기능 및 이송 시스템 요구사항 도출	통합 관제 요구사항 개발 연구	45	70
						효율적 관제를 위한 이송 시스템 요구사항 개발 연구	25	
				A-3-2	통합 관제 시스템 설계	통합 관제 시스템 기초/상세 설계	100	354
						통합 관제 모의 간이성능시험 및 평가	100	
						수정 보완 및 재시험을 통한 성능 목표 검증 연구	54	
						통합 관제 Test-bed 설계/구축(안) 도출 연구	100	
				A-3-3	운영 효율성 평가 시뮬레이션 시스템 개발 (시간당 처리량 50% 향상 검증)	종합 운영 효율성 평가 시스템 기초/상세 설계	100	305
						효율성 평가 시뮬레이션 시작품 제작	150	
						시뮬레이션 성능 검증 및 보완	55	
		A-3 소계					729	**729**
세부과제 1 전체 연구소요 예산 (정부출연금 기준)								**3,579**

(단위: 백만원)

핵심성과 (Lv1)		성과물 (Lv2)		단위활동 (Lv3)		상세내용 (Lv4)	소요예산	
							개별	소계
B	내륙물류 기지 및 배후물류 단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술개발	B-1	컨테이너 이송시스템 추진용 180kW급 선형유도 전동기 기술 개발	B-1-1	설계 기법 도출 및 기초/상세/최적 설계 연구	선행기술 검토/분석 및 부하조건에 따른 용량 산정 연구	100	500
						핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구	200	
						기초/상세 및 최적 설계 연구	200	
				B-1-2	효율 및 출력밀도 향상 연구	손실 최소화 방안 연구	100	300
						고효율 재료 분석 연구	100	
						권선법 및 리액션플레이트 구조 분석	100	
				B-1-3	선형유도전동기 냉각 기구 설계 기술 연구	냉각시스템 및 기구부 설계/해석 기술 연구	100	240
						강성 및 안전/안정성 해석 기법 연구	140	
				B-1-4	180kW급 선형유도전동기 시작품 제작 및 성능 검증 연구	180kW급 선형유도전동기 시작품 제작 및 보완설계 연구	2,100	2,300
						180kW급 선형유도전동기 시작품 성능검증 및 조합시험	100	
						선형유도전동기 탑재용 대차 연구	100	
		B-1 소계					3,340	**3,340**
		B-2	컨테이너 이송시스템 추진용 270kVA급 경량화된 제어기 기술 개발	B-2-1	제어 알고리즘 연구 및 고정밀 제어기법 개발	선형유도전동기 제어 관련 선행기술 조사 및 분석	100	300
						제어 시뮬레이션 모델링 및 실시간 파라미터 도출 기법 개발	100	
						고정밀 속도제어 및 정밀 제어 기술 개발	100	
				B-2-2	인버터 효율 향상 및 인버터 냉각 구조 설계 기술 연구	손실 최소화를 위한 스위칭 기법 연구	100	400
						인버터 열해석에 따른 냉각 방열구조 분석	100	
						냉각시스템 용량/방식 선정 및 유동해석을 통한 설계/성능 검증	200	
				B-2-3	전력변환 모듈/제어기 경량 모듈화 설계 기술 개발 및 시제품 제작	전력변환 모듈/제어기 기초/상세 설계	100	1,500
						하드웨어 및 제어 설계	100	
						전력변환 모듈/제어기 시작품 제작 및 최적화 연구	1,200	
						전력변환 모듈/제어기 시작품의 보완설계 연구	100	
				B-2-4	270kVA급 전력변환 모듈/제어기 시작품 성능검증	전력변환 모듈/제어기 시작품의 성능검증 연구	100	230
						전력변환 모듈/제어기 시작품의 신뢰성 시험 연구	130	
		B-2 소계					2,430	**2,430**

핵심성과 (Lv1)		성과물 (Lv2)		단위활동 (Lv3)		상세내용 (Lv4)	소요예산	
							개별	소계
		B-3	컨테이너 이송시스템용 추진시스템 검증을 위한 성능 평가기술 개발	B-3-1	컨테이너 이송시스템용 추진시스템 구성품별 안정성/신뢰성 확보 방안 연구	컨테이너 이송시스템용 추진시스템 요구사항 개발 연구	200	1,000
						구성품별 안정성 시험 방안 도출 연구	200	
						구성품별 신뢰성 확보 방안 도출 연구	200	
						구성품별 단품 및 조합성능시험 및 평가 기술 개발	400	
				B-3-2	컨테이너 이송시스템용 추진시스템 성능 시험 평가 기술 개발	시작품의 궤도 구조 활용 모의 간이성능시험 및 평가	508	1,108
						수정 보완 및 재시험을 통한 성능 목표 검증 연구	400	
						컨테이너 이송시스템용 추진시스템 Test-bed 설계/구축(안) 도출 연구	200	
		B-3 소계					2,108	**2,108**
세부과제 2 전체 연구소요 예산 (정부출연금 기준)								**7,878**

(단위: 백만원)

핵심성과 (Lv1)		성과물 (Lv2)		단위활동 (Lv3)		상세내용 (Lv4)	소요예산	
							개별	소계
C	네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발	C-1	센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술	C-1-1	센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술 개발	핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구	100	640
						제약조건을 고려한 단일 센서들의 특성 연구	200	
						인공지능 기반의 센서 퓨전 기법 연구	100	
						컨테이너 상하차 시 위치 인식 기술 연구	140	
						이송차량 절대위치 인식 기술 연구	100	
		C-1 소계					640	**640**
		C-2	이송차량 간 상호 충돌방지 시스템	C-2-1	이송차량 간 상호 충돌방지 시스템 개발	이송차량 상대위치 및 속도 인식 기술 연구	100	840
						이송차량 상호 거리 인식 알고리즘 개발	250	
						컨테이너 이송시스템 인터페이스 연구	240	
						이송차량 제어 알고리즘 개발	250	
		C-2 소계					840	**840**
		C-3	이송차량과 통합관제 시스템과의 통신 기술 및 관련 사이버 보안기술 개발	C-3-1	컨테이너 이송차량과 통합관제 시스템 간 통신 기술 개발	관리 및 통합 제어 시스템 요구사항 도출 및 개발/ 핵심요소기술 분석	100	1,000
						컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템용 통신 WAVE기반 프로토콜 설계	100	
						이송차량 용 단말 및 제어시스템 용 S/W모듈 시작품 개발 및 성능평가, 최적화	600	
						성능평가 및 최적화	200	
				C-3-2	사이버 및 무선 통신 보안 기술 개발	컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 취약점 분석	100	200
						컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 보안 취약점 패치 방안 도출	100	
				C-3-3	LBS기반 이송차량 위치 추적 시스템 개발	RSSI 기반 LBS 기술 연구 및 성능평가	100	248
						footprint기반으로 인공지능 기술을 활용한 LBS 기술 연구	148	
		C-3 소계					1,448	**1,448**
세부과제 3 전체 연구소요 예산 (정부출연금 기준)								**2,928**

제 8 장 과제 제안요구서

제 1 절 과제 제안요구서

연구개발과제명	
1. 연구개발 목표	
	▢ 컨테이너 이송속도 50% 향상 및 시간당 처리량 50% 향상 ○ 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발 - 시스템 최적화 기반 실시간 운영 및 관리 최적화 기술 개발 - 물류 이송 시스템 진단 및 모니터링 기술 개발 - 물류 이송시스템 진단 및 모니터링 기술 개발 ○ 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술개발 - 컨테이너 이송시스템 추진용 180kW급 선형유도전동기 기술 개발 - 컨테이너 이송시스템 추진용 270kVA급 경량화된 제어기 기술 개발 - 컨테이너 이송시스템용 추진시스템의 검증을 위한 성능 평가 기술 개발 ○ 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발 - 센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술 개발 - 이송차량 간 상호 충돌방지 시스템 개발 - 이송차량과 통합관제 시스템과의 통신 기술 및 관련 사이버 보안기술 개발
2. 연구개발의 필요성 및 기술동향	
□ 연구개발의 필요성	○ 항만 및 배후단지, 내륙컨테이너기지(ICD), 철도 CY 등 물류 거점 단지 내 운송 및 하역 작업 설비(크레인, 리치 스테커, 포크리프트, 야드 트랙터 등)가 복잡하게 얽혀있어 혼잡도가 상승하고 있으며, 많은 인력의 수작업으로 진행되어 효율성이 저하되고 물류비가 상승하는 등 크고 작은 문제가 지속적으로 야기되고 있음 - 따라서 운송 및 하역 과정의 단순화 및 무인 자동 컨테이너 이송 운송 기술 개발이 필요함 - 해외 선진국에서는 운영비용을 획기적으로 절감할 수 있고,

정시성과 안전성을 확보할 수 있는 새로운 개념의 친환경 무인 자동 화물 운송체계를 개발 중에 있음

○ 교통물류연구사업의 중장기 추진방향에서 단절 없는 물류교통(Logi Mobility)분야는 수송·하역·보관·포장 등 물류분야 프로세스 개선 및 물류에너지 감소 등을 통한 물류비용 최소화 기술 개발을 목표로 하고 있음

○ 국내에서는 도로, 항공, 철도 등 다양한 분야에서 시스템의 운행 현황 (객체의 위치, 속도, 상태 등)을 파악하기 위한 모니터링 위주의 관제 센터가 구축되어 운영되고 있음
- 최근에는 시스템의 상태 검지를 통한 진단 및 유지보수 지원, 원격 제어 등으로 운영 최적화 기술 영역이 확대되고 있음
- 무인 자동 화물운송 체계를 현실화하기 위한 IoT기반 응용기술과 관제센터에서 다양한 의사결정에 기초하여 무인 자동화를 뒷받침하기 위한 네트워크기반 운영관리 모델 기술이 필요

○ 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발을 통해
- 기존대비 시간당 컨테이너 처리량 50% 이상 향상 가능
- 복잡한 운송 및 하역 작업 설비의 단순화를 통한 터미널 혼잡도 및 위험도 감소
- 물류 효율성 제고 및 친환경 수송 수단이용의 활성화
- 실시간 모니터링 및 사전 사고 위험 예측을 통한 신뢰성 및 안전성 향상
- 선진국 주도의 스마트 터미널 구축 기술의 종속에서 탈피하고 독자적 기술 확보 및 Biz 모델 개발 가능

○ 국내 자동화물운송시스템별 상용화 단계를 살펴보면, 국내 신개념 철도 자동운송시스템 중 인원 수송용 운송시스템인 부산 반송선, 스카이큐브(PRT)는 무인 자동화 방식으로 운영되고 있음
- 자동화물운송시스템 기술인 AutoCon은 개념 설계를 완료하고, 지하화를 위한 기술적 검토도 이루어진 바 있으며, 최근 축소규모의 시연모형을 개발하는 본격 기술개발단계에 접어들었음
- 한국형 ATS는 기획연구 단계를 완료하였으나, 타당성 문제로

본 사업으로 이어지지는 못하였음

○ 기존 내륙물류기지 및 배후단지에서의 컨테이너 이송시스템(화석연료를 이용하는 트럭)은 체계적으로나 성능적으로나 한계성을 보이고 있음
- 기존 컨테이너 이송시스템의 표정속도 20km/h 이하 수준

○ 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술개발이 필요함
- 컨테이너의 이송 및 환적이 하나의 견인전동기 기반 시스템으로 설계됨에 따라 시간적·물리적 비용이 크게 감소
  ☞ 이송속도 50% 향상 목표
- 기존 내연기관 기반의 트럭시스템 대비 경량화된 컨테이너 이송시스템 구축 가능

○ 기존 이송차량의 위치 인식 및 이송차량 간 충돌방지 시스템은 시스템 운영자의 능력에 크게 의존하기 때문에 성능의 한계성을 보이고 있음

○ 물류단지의 완전 자동화를 위해 안전성 및 신뢰성을 제고
- 특히 인공지능, IoT 등 핵심 지능정보기술을 활용하여 물류분야 글로벌 경쟁력을 확보하기 위한 토대 마련

○ 현재 이송차량 관리가 효과적으로 이뤄지지 못하는 상황이며 아울러 관제 시스템과의 유기적 연동기술도 미흡한 상태임
- ITS, WAVE, LTE 등 네트워크 통신 기술을 바탕으로 이송차량-관제시스템 간 실시간 모니터링·정보교환을 위한 시스템 구축 필요
- 아울러 다양한 사이버 보안위협의 등장에 대응하여 추후 구축될 물류자동화 시스템에서도 정보보호 측면에서의 안전성 확보가 필요함

□ 기술동향 ○ 국내 기술동향

○ 물류 운영 최적화 기술 분야
- 국내에서는 도로, 항공, 철도 등 다양한 분야에서 시스템의

운행 현황 (객체의 위치, 속도, 상태 등)을 파악하기 위한 모니터링 위주의 관제 센터가 구축되었으나 최근에는 시스템의 상태 검지를 통한 진단 및 유지보수 지원, 원격 제어 등으로 운영 최적화 기술 영역이 확대되고 있음

- 코레일은 IoT기술을 활용하여 운행 중인 모든 열차를 실시간 모니터링하고, 상태기반 유지보수시스템(CBM, Condition Based Maintenance)을 구축하여 열차 안전을 확보하고 정비성를 강화하고 있음
- 한국철도기술연구원에서는 선진국 수준의 철도 안전성 확보 및 운행장애 감소, 유지보수 비용 절감과 세계 최고 수준의 통합 모니터링, 상태진단 및 사고위험 조기 예측 기술력 확보를 위해 국가 R&D로 '실시간 운행안전 및 유지보수 기술'을 개발중에 있음
- 친환경 컨테이너 이송시스템을 위한 운영 최적화 기술은 관제센터, 컨테이너 이송체 및 인프라에 설치되어 효율적인 무인 자동화 기술을 현실화하기 위한 IoT기반 응용기술과 관제센터에서 다양한 의사결정에 기초하여 무인 자동화를 뒷받침하기 위한 네트워크기반 운영관리 모델 기술이 필요

○ 실시간 모니터링 기술 분야

- 보안업체 에스원이 2012년 선보인 '유비스(UVIS : Ubiquitous Vehicle Information System, 차량운행관리시스템)'는 버스, 택시, 법인차량 등 각종 차량에 디지털운행기록계 (DTG : Digital Tacho Graph)를 장착하여 수집된 정보를 기반으로 차량의 위치, 운행상태 등을 원격으로 실시간 모니터링하는 관제시스템임
- 2016년 6월 출시된 트리포스의 '전령'은 화물차나 버스 등 기업 소속 차량의 급가속, 급정거, 공회전, 회전속도(RPM), 브레이크 상태, 위치, 연비 등을 모니터링하면서 운전 효율성과 환경 개선을 유도하는 솔루션이며 현대모비스, LG그룹 등을 포함 50여개 기업 3,000여대 차량에 서비스 중임

○ 자동화물이송시스템 기술 분야

- 국내에서는 자동화 복합 환적·이송시스템이 구축된 사례가 없음
- 90년대 이전까지는 야드트럭(Y/T)과 S/C(Straddle Carrier)를

사용하는 이송시스템이 주를 이루었으나, 많은 인력이 소모되는 야드트럭을 개선하고자 무인으로 운영되는 AGV(Automated Guided Vehicle)를 사용하고자하는 시도가 있었음

- 2000년대 이후 이를 보완한 SHC(Shuttle Carrier), ASHC (Automated SHuttle Carrier)가 이용되고 있고, 지금도 가장 많이 사용되고 있는 야드트럭에서 이송과 장치기능이 결합된 스트레들 캐리어가 병렬로 사용되고 있으며, 인건비 증가에 따른 운영비용 절감을 위한 AGV와 자동화 SHC가 현재 운영되거나 개발 중임
- 무인화 운송을 위한 기술로서 지하, 지상의 독립경로에서 무인운송이 가능한 한국형 ATS, AUTOCON, ACTTube, DMT 등의 다양한 개발이 진행 중임
- 기획연구로 기 수행된 인터모달 자동화물운송시스템은 지역거점간 연계운송에 초점
- 운송뿐만 아니라 하역 및 기존 수단과의 연계성을 함께 개선하는 방향을 갖고 있음

○ 산업용 선형전동기 기술 분야

- 국내에서는 고속가공을 목적으로 하는 공작기계용으로 선형전동기가 주목을 받기 시작하면서 시장이 형성
- 최근 선형 추진시스템을 이용한 친환경 지능형 이송시스템, 클린 반송시스템의 사업화 기술, 친환경 ITS시스템 사업화 기술 등 고청정, 고효율 이송시스템 등이 개발되고 있음

○ 선형전동기 기반 철도교통용 추진시스템 기술 분야

- 선형유도전동기(Linear induction motor, LIM)가 리니어 경전철 및 도시형 자기부상철도에 적용됨
- 최근 초고속 자기부상철도 및 튜브열차에 상전도 또는 초전도 전자석 방식의 선형동기전동기(Linear synchronous motor, LSM)를 이용한 추진 시스템 기술이 연구 중임
- 선형전동기인 LPM(Linear Pulse Motor)는 철도차량 추진용 원천기술을 확보하고 Test-bed를 통한 실증을 완료하였음 (리니어펄스모터 기반 철도차량 추진시스템 원천기술 개발 (2013~2015 / 국토교통부))

○ 자동화 항만 및 내륙물류기지 분야

- 부산신항에는 출입하는 차량정보를 관리하고, 출입차량에 대한 작업지시가 자동으로 이루어지며, 나아가서 컨테이너 크레인과 연동하여 작업차량 도착 전 작업준비를 완료하여 /하차 업무를 신속히 처리함으로 항만 내 작업효율을 증대시키는 항만자동화시스템(Port automation system)이 적용되어 있음
- 또한 다양한 주변기기(센서, 컨트롤러, PC 등)를 연동하여, 산업현장에서 사용자의 편의성을 강화하고, 나아가 현업 업무의 자동화를 실현하며 실시간 데이터베이스 연동을 통해 현재 작업 현황을 한눈에 확인 할 수 있는 산업 자동화(3D STEEL Monitoring System) 모니터링 시스템이 적용되어 있음
- 의왕ICD에서는 UISIS를 도입하여 첨단정보기술을 이용한 물류정보기지를 구축하고자 하였음. UISIS의 특징으로는 개방성, EDI도입, 무선 및 광통신 기술을 도입하여 정보기술을 진행하고자 하였으나 실제로 잘 운용되지는 못하고 있는 실정임

○ 네트워크 기반 통합 제어시스템 기술 분야

- 국내에서는 국내 해운항만 정보시스템을 통합하고 유비쿼터스 개념을 도입하여 종합적인 IT Port 네트워크를 실현하기 위한 해운·항만 물류의 통합관리정보 시스템 (Yes! U-Port : Your future E-business Safe voyage Your Future-Port) 사업을 추진중임
- Yes! U-Port는 컨테이너 터미널의 생산성과 효율성을 극대화하기 위해 터미널의 모든 생산 활동을 Planning, Allocating, Scheduling, Controlling, Monitoring하는 최상의 통합 정보시스템인 운영정보시스템 (ATOMS: Advanced Terminal Operation & Management System)을 이용하여 화물관리

○ 스마트 물류 보안 기술 분야

- 현재까지 많은 기업에서는 다양한 정보시스템을 개발하고 관련 기능 향상을 위한 많은 노력을 수행하고 있으나, 개발된 정보시스템에서 사용되는 중요 정보를 대내외적으로 보호하기 위한 필요성 인식 및 노력은 부족한 상황임
- 이에 따라 보유 중요 정보의 불법적인 외부 유출 및 기업 운영에 심각한 영향을 미치게 되었으며, 해킹 등을 통한 기업

정보의 누출사고 등으로 인해 국내에서도 기업의 중요 정보를 보호하기 위한 노력의 일환으로 정보보호관리체계 (ISMS : Information Security Management System)를 도입하여 적용하고 있음

- 정보보호관리체계는 금융권 및 인터넷 운영 기업체 등의 일부 IT 기반 산업에 국한되어 적용되고 있으며, 절차 효율성 미비 등의 이유로 기업적용 실태에 미비한 실정임
- 현재 컨테이너터미널(CT: Container Terminal)은 물리적 보안 위주로 구축되어 운영되고 있고, 소프트웨어 측면에서의 정보보호를 위한 정보보호관리체계 구축 등의 노력은 상대적으로 미비한 수준임

○ 국외 기술동향

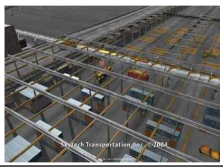
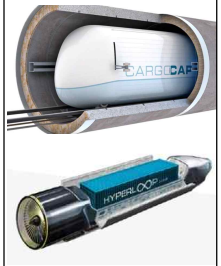
○ 실시간 모니터링 분야

- 유럽 TSI(Technical Specification for Interoperability)는 “Directive 96/48 EC 대차시스템 상태모니터링”과 같은 철도시스템에 대한 모니터링 적용 기준이 제정되었으며, 이에 대응하여 유럽연합(EU)은 철도시스템 Intelligent 모니터링, Intelligent 안전관리, Intelligent 운영유지관리, 그리고 향상된 통신방식 등에 대한 연구인 InteGRail Project 를 39개 기관이 참여하여 2000만 유로(약 300억원)의 예산으로 수행하고 있음
- 유럽철도기관인 UIC의 경우에는 철도의 속도 증가에 따른 신뢰성 및 안전성 향상 및 유지보수 효율화를 위하여 유로연합 연구기금을 시용하여 On board train control and information system 개발 중임
- 프랑스 철도 운영기관인 SNCF는 전동차에 온도와 진동센서를 설치하여 실시간 모니터링을 연구중이며, 무선 센서 네트워크를 이용한 모니터링 모듈을 제작하여 실차 주행 테스트를 수행하였음
- 홍콩 West Central Rail의 철도차량 CBM 유용성에 관한 연구에서는 유지보수 방법에 따른 효과 분석 및 CBM의 채택에 의한 정량적 효과를 분석 분적하여 기존 예방적 유지보수에 비해 효율이 8~12% 개선되었으며, 유지보수비용은 25~30%

절감되고, 차량 장치 및 운영의 Downtime 35~45% 감소함. 또한 생산성이 20~25% 증가됨.

○ 자동화물이송시스템 기술 분야

- 국외에서는 다양한 자동화 복합 환적· 이송시스템의 적용을 위한 시스템 개발 연구가 진행 중

구동장치 구분	시스템	운송/제어 방식	시스템	운송/제어 방식
회전형 전동기 구동	CargoRail Tram (미국) 	• 고정/자유경로 • 연료전지/CNG 하이브리드 구동 • 무인자동/유인제어	Modalohr (프랑스) 	• 고정경로(레일방식) • 유인제어이며, 화차회전방식
	UCM(Underground Container Mover) (벨기에) 	• 고정경로 (파이프라인) • 무인자동 방식	CombiRoad (네덜란드) 	• 고정/자유경로 • 무인자동/유인제어 방식
	OLS-ASH Project (네덜란드) 	• 고정경로 (파이프라인) • 무인자동 방식	Flexiwaggon (스웨덴) 	• 고정경로(레일방식) • 유인제어이며, 화차회전방식
선형 전동기 구동	SkyTech Transportation(미국) 	• 고정경로(모노레일 방식) • 선형유도전동기(LIM)을 적용한 추진 방식 • 무인자동 방식	FSS (Freight Shuttle System) (미국) 	• 고정경로(모노레일 방식) • 선형유도전동기(LIM)을 적용한 추진 방식 • 무인자동이며, 화차회전방식
	ECCO System (Electronic Cargo Conveyor System) (미국) 	• 고정경로 방식 • 선형동기전동기(LSM)을 적용한 자기부상추진 방식 • 무인자동 방식	Container Freight (미국) 	• 고정경로 방식 • 선형동기전동기(LSM)을 적용한 자기부상추진 방식 • 무인자동 방식
	TubeXpress (SUBTRANS) (미국) 	• 고정경로/파이프라인 방식 • 선형유도전동기(LIM)을 적용한 추진 방식 • 무인자동 방식으로 화물 단위 수송용	CargoCap (독일) Hyperloop (미국) 	• 고정경로/파이프라인 방식 • 회전형 견인전동기를 적용한 휠-레일 방식과 선형전동기(LIM/LSM)을 적용한 추진 방식이 가능하며, Hyperloop는 별도의 자기부상방식을 적용한 시스템 • 무인자동 방식으로 화물/컨테이너 단위 수송용

- 국외의 자동화물운송시스템 중 개발진도가 가장 앞선 기술로 평가되는 미국의 FSS(Freight Shuttle System)는 직선주로 100m 구간에 대한 테스트베드 구축을 마치고 시범운행 중에 있음

○ 선형전동기 기반 철도교통용 추진시스템 기술 분야
- LIM을 적용시킨 다양한 리니어 경전철 및 중저속 자기부상철도 개발 (일본, 캐나다, 중국 등)
- 독일은 초고속 자기부상철도용으로 흡인식 전자석 방식의 LSM를 이용한 추진 시스템 기술을 개발 완료하였으며, 중국 상해에 실용화 노선 구축/운영 중임
- 일본은 초전도 반발식 방식의 LSM를 이용한 추진 시스템 기술을 개발 완료하였으며, 현재 동경-오사카 구간에서의 영업운행을 위하여 추오신칸센 노선으로 구축되고 있음

○ 완전 자동화 항만 분야
- 2015년 네덜란드 로테르담항, 2016년 미국의 롱비치항에 이어 중국은 2017년 5월 아시아 최초로 칭다오항에 완전무인자동화 컨테이너터미널(FACT : Fully Automated Container Terminal)을 개장
- FACT는 로보틱스와 지능화된 컴퓨터가 운영하기 때문에 사람이 운전하는 것보다 안전하고, 저렴하고, 효율적으로 운영 가능함
- 터미널 내 모든 물류흐름은 로보틱 장비와 자율주행, 그리고 지능형 운영시스템에 의해 운영됨. 2015년 이후 건설된 완전무인자동화터미널은 선박에 컨테이너를 싣고 내리는 작업을 중앙통제실에서 원격으로 제어함

○ 이송차량 간 상호 충돌방지 기술 분야
- 2012년 이미지넷 챌린지에서 토론토 대학이 최초로 CNN (Convolutional Neural Network)을 이용한 AlexNet으로 영상분류 부문에서 16.4%의 Top-5 에러로 우승하여 영상 인식 분야에 본격적으로 CNN이 사용되기 시작하면서, 최근 딥 러닝(deep learning) 기술의 발전으로 영상 이해와 자연어 처리와 같은 기존 인공지능 분야에서 괄목할만한 성과를 거두고 있음

3. 연구개발내용	
□ 세부 과제별 연구내용	[1세부과제] 컨테이너 이송시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발 ○ 시스템 최적화 기반 실시간 운영 및 관리 최적화 기술개발 - 운영 정보 DB 관리 및 전달 기술 개발 - 센서기반 상태 정보 수집/분석/평가 기술 개발 - 스마트 터미널 운영 시스템(STOS) 기술 개발 - 실시간 다중경로 생성 및 최적 경로 선정기술, 이송시스템 배치 및 배정 알고리즘 개발 - 운송 컨테이너 물류정보와 연계한 시스템 제어 기술 ○ 컨테이너 이송시스템 진단 및 모니터링 기술 개발 - IoT, 인공지능, 빅테이터 등 지능 정보 활용 기술개발 - 이송시스템-통합 관제간 신호 및 제어 명령 전달 기술 개발 - 실시간 위치/상태 모니터링 및 제어 기술 개발 - CBM 기반 실시간 신뢰성 평가 프로세스 모델링 기술 개발 - 이송시스템 운영/유지보수 최적화 및 리스크 평가 기술 개발 ○ 컨테이너 이송시스템 통합 관제 기술 개발 - 통합 관제 센터 기능 및 이송 시스템 요구사항 도출 - 통합 관제 시스템 기초/상세 설계 - 통합 관제 모의 간이성능시험 및 평가 - 수정 보완 및 재시험을 통한 성능 목표 검증 연구 - 통합 관제 Test-bed 설계/구축(안) 도출 연구 - 운영 효율성 평가 시뮬레이션 시스템 개발 ☞ 시간당 처리량 50% 향상 검증 [2세부과제] 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 기술 개발 ○ 컨테이너 이송시스템 추진용 180kW급 선형유도전동기 기술 개발 - 선행기술 검토 및 분석 연구 - 부하조건에 따른 용량 산정 연구 - 핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구

- 기초 및 상세 설계 연구
- 효율 향상 연구
- 출력밀도 향상 연구
- 최적 설계 연구
- 선형유도전동기 냉각 기구 설계 기술 연구
- 180kW급 선형유도전동기 시작품 제작 및 성능 검증

○ 컨테이너 이송시스템 추진용 270kVA급 경량화된 제어기 기술 개발
- 선행기술 검토 및 분석 연구
- 핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구
- 제어 알고리즘 개발
- 고정밀 제어기법 개발
- 인버터 효율 향상 연구
- 인버터 냉각 구조 설계 기술 연구
- 전력변환 모듈/제어기 경량 모듈화 설계 기술 개발
- 전력변환 모듈/제어기 시작품 제작 및 최적화
- 270kVA급 전력변환 모듈/제어기 시작품 성능검증

○ 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 검증을 위한 성능 평가기술 개발
- 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 구성품별 안정성 시험 및 신뢰성 시험방안 도출 연구
- 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 구성품별 단품성능 시험
- 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 조합시험 및 평가
- 시작품의 모의 간이 주행성능시험
- 수정 보완 및 재시험을 통한 성능 목표 검증

[3세부과제] 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발

○ 센서퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술 개발
- 핵심요소기술 분석 및 방식 선정 연구
- 제약조건을 고려한 단일 센서들의 특성 연구
- 인공지능 기반의 센서 퓨전 기법 연구
- 컨테이너 상하차 위치 인식 기술 연구

- 이송차량 절대위치 인식 기술 연구

○ 이송차량 간 상호 충돌방지 시스템 개발
- 이송차량 상대위치 및 속도인식 기술 연구
- 이송차량 상호 거리 인식 알고리즘 개발
- 컨테이너 이송시스템 인터페이스 연구
- 이송차량 제어 알고리즘 개발

○ 이송차량과 통합관제 시스템과의 통신기술 및 관련 사이버 보안기술 개발
- 컨테이너 이송차량과 통합관제 시스템 간 통신 기술 개발
- 사이버 및 무선 통신 보안 기술 개발
- LBS기반 이송 차량 위치 추적 시스템 개발

4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ Top-down 방식으로 원천 핵심기술 개발
- 시작품 설계 및 해석을 통한 아키텍처 및 시작품 사양 개발
- 테스트베드에서의 성능시험을 통한 설계 및 제어 수정보완 및 시작품 핵심 기술 검증

○ 산학연 협동 및 단계별 기술개발 추진
- 산학연의 역할분담 및 관련 전문가·전문기관 협력체계 구축
- 개념설계를 통한 시제품 사양 결정 및 아키텍처 개발
- 핵심기술에 대한 시제품의 설계·제작·시험 추진
- 시험평가를 통한 기술 실용화 가능성 검증

○ 새로운 추진시스템의 적용과 테스트베드 구축/운영을 위해 컨테이너 물류 운영기관 참여 유도

○ 중점 추진분야는 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 설계/제어 기술 개발과 성능평가 기술 개발로 구분하여 관련 핵심기술 확보를 위한 기반구축 연구로써, 4년 이내에 실용화 연계가 가능하도록 핵심기술 개발 · 실증 역량 확충 · 컨테이너 물류 운영처로 다각화 추진

	○ 국외 전문가 활용 등을 통한 선진기술 습득 및 연구결과 검증을 위하여 다양한 분야의 전문가 활용 ○ 체계화된 연구 개발 환경의 구축 및 연구 성과 홍보를 통해 기술이전 및 실용화 확산 노력
□ 추진체계	○ 본 연구의 핵심기술 개발을 위하여 국내 물류, 철도, 추진, 차량, 네트워크, 보안, 인공지능 기술 전문가 그룹을 구성하고 산학연 연계 및 정부 지원 하에 연구를 수행 ○ 시작품 제작 및 시험 평가를 위해 관련 산업체의 참여가 반드시 필요하며, 기초 요소기술 연구를 위한 대학 등의 연구기관 참여가 바람직함 ○ 원천기술 및 시제품의 테스트베드를 통한 실증을 위해 컨테이너 물류 운영기관의 참여가 바람직함 ○ 연구내용의 검증 및 객관성 확보를 위해 외부 전문가 자문위원회 구성 및 운영하고, 연구내용의 기술적·정책적·경제적 보완사항에 대한 자문을 받을 것 ○ 연구개발 성과의 실제적용 과정에서 설계사항 변경가능성을 줄일 수 있도록 연구과정에서 철도 전문기술을 보유한 기관을 반드시 참여하도록 함 ○ 본 연구는 산·학·연 공동연구를 기본으로 하며, 필요시 선도적 위치에 있는 해외기관 및 전문가와 공동연구를 추진할 수 있음 ○ 연구신청자는 과다한 기관수의 참여 및 연구계획 편성으로 인한 추진체계의 비효율성을 최대한 지양하고, 반드시 필요한 기관으로만 구성하여 연구추진의 효율성을 도모할 것 ○ 연구진의 연구 참여율을 높여 연구 집중도 제고 필요 ○ 참여 연구기관 간 유기적인 협력 체계를 구축할 것 ○ 참여 연구기관 간 협력을 통한 기술개발 과제 간 연계성 확보 및 협조 체계 구축

5. 최종성과물(주요 최종성과물)

[1세부과제]

○ 시스템 최적화 기반 실시간 운영 및 관리 최적화 기술 개발
- 스마트 터미널 운영 시스템(STOS)의 기초/상세 및 최적 설계 기법
- 실시간 최적경로 선정 및 이송시스템 배정/배치 기법
- 운송 컨테이너 물류정보와 연계한 자동화 기술
- 스마트 터미널 운영 시스템(STOS) 시작품의 모의 간이 성능 시험 및 평가 기술

○ 컨테이너 이송시스템 진단 및 모니터링 기술 개발
- 지능 정보(IoT, 인공지능, 빅데이터 등) 활용 기법
- 실시간 모니터링 및 제어 기술
- CBM 기반 실시간 신뢰성 평가 시스템 구축 기술
- 컨테이너 이송시스템 고장 진단 및 수명예측 기술
- 컨테이너 이송시스템 구성품별 안정성 시험 및 신뢰성 시험 기술
- On/Off 통합 스마트 유지보수지원 시스템 구축 기술 확보
- 고장 예지 및 건전성 관리 기술
- 컨테이너 이송시스템 진단 및 모니터링 시스템 시작품의 모의 간이 성능시험 및 평가 기술

○ 컨테이너 이송시스템 통합 관제 기술
- 컨테이너 이송시스템 통합관제 설계/검증 기술
- 시스템 경고 기술
- 정밀 제어 및 원격 조정 기술
- 통합관제 종합 인터페이스 시험 및 신뢰성 평가 기술
- 운영 효율성 평가 시뮬레이션 기술
- 통합관제 Test-bed 설계 기술

[2세부과제]

○ 컨테이너 이송시스템 추진용 180kW급 선형유도전동기 시작품
- 컨테이너 이송시스템 추진용 180kW급 선형유도전동기의 설계 사양서, 설계도면
- 컨테이너 이송시스템 추진용 180kW급 선형유도전동기 시작품

180kW급 선형유도전동기 시작품 최종 목표 사양	
출력 용량 (kW)	180 이상
토크 (kN)	16
효율*역률(η×cosθ)	0.35 이상
온도 및 절연 성능	H 종 (180 ℃ 이하)

- 180kW급 선형유도전동기의 기초/상세 및 최적 설계 기법
- 180kW급 선형유도전동기의 효율 및 출력밀도 향상 기법
- 선형유도전동기 냉각구조 설계 및 강성/안전/안정성 해석 기법

○ 컨테이너 이송시스템 추진용 270kVA급 경량화된 제어기 시작품 및 구동 기술

-270kVA급 경량화된 제어기 시작품

270kVA급 컨테이너 이송시스템용 제어기 최종 목표 사양	
출력 용량 (kVA)	270 이상
인버터 효율 (%)	95
이송속도 (%)	기존 대비 50% 이상 향상

- 선형유도전동기 구동을 위한 제어 알고리즘
- 제어 알고리즘 성능평가 시험기준안
- 백러쉬가 없는 고정밀 제어기법

○ 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 성능평가 시험기준안

- 성능계측시스템 구성안
- 성능평가 시험기준안
- 궤도 구조 활용 모의 간이 성능시험용 테스트베드에서의 성능평가 보고서 및 시험성적서

[3세부과제]

○ 센서 퓨전 기반 이송차량 위치 인식 기술

- 인공지능 기반의 센서 퓨전 기법
- 이송차량 절대위치 인식 기술
- 컨테이너 위치 인식 기술

○ 이송차량 간 상호 충돌방지 시스템

- 이송차량 상호 거리 인식 기술
- 이송차량 충돌방지 제어 기술 고도화, 실용화 검토

○ 컨테이너 이송차량과 통합관제 시스템과의 통신 기술

- 이송차량과 통합 제어 시스템 간 통신 프로토콜
- 통신 이송차량 단말 및 제어시스템 S/W모듈

○ 사이버 및 무선 관련 보안 기술 보안 기술 개발
- 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 보안 취약점 패치

○ LBS기반 이송차량 위치 추적 시스템 기술 연구
- RSSI/footprint기반 인공지능 기술을 활용한 위치 추적 기법

6. 활용방안 및 기대효과

□ 활용방안

○ 스마트 터미널의 운영 시스템(STOS) 기술 개발을 통한 스마트 항만 및 내륙물류기지의 효율적인 운영방안 정립

○ 물류정보와 이송시스템의 연계를 통한 시스템 제어기술의 시나리오면 제어 시뮬레이션 및 모델링 방안 정립

○ 컨테이너 이송시스템의 실시간 위치/상태 모니터링 및 제어 기술의 개발

○ 기존의 다양한 물류산업에 통합 관제 기술 적용 가능

○ 국내에서 비교적 연구가 부족한 완전자동화 터미널 물류 시스템의 효율적인 운영 시나리오 구축

○ 이외의 다른 항만, 내륙물류기지의 운송 및 하역 작업 장비의 실시간 고장진단 및 스마트 유지보수 가능

○ 미래 친환경 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템 구축을 위한 기반 기술의 확보를 통하여 내륙 물류 분야 미래 신성장 동력 창출

○ 내륙물류기지 및 배후물류단지의 친환경 컨테이너 이송시스템 기술개발 및 실용화 사업 추진 기반 마련에 활용

○ 친환경 컨테이너 이송시스템 기술개발 추진전략 및 실행방안 활용
- 본 과제 기술개발 사업 추진을 위한 중장기 추진 전략, 세부 추진방안 수립 및 효율적 관리 방안 마련에 활용
- 기술개발의 실용화를 추진하기 위한 Test-Bed 구축 및 검증 방안 마련에 활용

○ 기존의 다양한 물류이송용 차량 및 산업계에의 기술 적용을 위한 실용화 사업 기획에 활용

○ 친환경 컨테이너 이송시스템 기술의 해외 수출 및 세계 시장 개척

	○ 선형전동기 적용 고출력밀도 추진시스템 설계/제어 요소 기술 및 툴 개발에 활용 ○ 향후 확보된 친환경 컨테이너 이송용 추진시스템 핵심기술을 통하여 상용화를 위한 국가 R&D 사업 도출 ○ 물류용 차량 제작업체 및 수요처에 기술 이전 ○ 내륙물류/배후단지 및 항만물류 자동이송시스템에 적용 가능한 수준의 기술 개발을 위하여 1단계(2020~2023)에 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템의 핵심 기술 개발을 완료하고, 2단계(2024~2025)에 실용화 사업에서 내륙물류/배후단지 및 항만물류 자동이송시스템용 실용화 기술을 개발 완료하도록 함 ○ 개발 완료된 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술의 실용화를 위하여 2025년 이후 글로벌 물류 중심 선도를 위한 “차세대 미래형 스마트 i-port 구축＂전략수립에 포함시켜 시범단지 적용 실용화 사업을 진행할 계획임 ○ 추가적으로 세계시장 선도형 연구개발(R&D)을 통해 스마트 물류자동 이송시스템의 기술경쟁력을 확보하고, 해외시장에 적극 진출하기 위한 장기적 실용화 방안을 모색할 계획임 ○ 이송체가 주행하는 여러 산업분야에 이송체의 위치 인식 및 충돌 방지 기술 활용 가능 ○ 사람이 직접 제어해주어야 하는 복잡한 이송체의 경우에도 이송체 제어기술을 통한 자동화 가능 ○ 여러 분야의 이송체와 관제간의 통신에 보안기술 적용 가능 ○ 해외에서 이미 상용화된 완전 자동화 항만의 개발에 발맞춰가며 국내 항만의 업그레이드 및 세계적 경쟁력 향상 ○ 향후 많은 분야에서 자동화가 진행될 전망이므로 이에 맞춰 자동화에 필요한 여러 기술 정립
□ 기대효과	○ 컨테이너 이송 시스템 운영 및 관리 최적화 기술 개발 - 운송 및 하역 작업 설비를 단순화하여 물류비용 및 터미널의 혼잡도와 위험도를 감소시킴 - 운영 및 관리 최적화를 통하여 시간당 컨테이너 처리량을 크게 향상시키고 보다 효율적인 물류 운영 가능

- 무인 자동화를 통해 운영비용을 획기적으로 절감하고, 정시성과 안전성을 확보할 수 있음
- 시스템의 실시간 진단 및 유지보수를 통한 시스템의 신뢰성 향상 및 안전성 향상과 예방적 유지보수 대비 유지보수비용 절감 가능
- 첨단 IT와 네트워크 기술을 적용한 스마트 터미널 운영 시스템 기술로 운영 효율을 향상
- 선진국 주도의 스마트 터미널 구축 기술의 종속에서 탈피하고 독자적 기술 확보 및 Biz 모델 개발

○ 내륙물류기지 및 배후물류단지 컨테이너 이송시스템용 추진시스템의 핵심기술 개발
- 컨테이너의 이송 및 환적이 하나의 견인전동기 기반 시스템으로 설계됨에 따라 시간적·물리적 비용이 크게 감소 가능
  ☞ 이송속도 50% 향상
- 기존 내연기관 기반의 트럭시스템 대비 경량화된 컨테이너 이송시스템 구축 가능
- 전기에너지 중심의 친환경 이송시스템 설계를 바탕으로 저탄소 교통물류체계 구축 및 녹색 교통수단으로의 전환 기대
- 전기제어 시스템 기반의 친환경 물류 시스템 구축을 통한 온실가스 배출 및 에너지 저감
- 컨테이너 이송 및 환적에 소요되는 공정시간 단축에 따른 운영 효율 향상
- 성능평가기술 적용을 바탕으로 인적 오류 감소를 통한 컨테이너 이송시스템 운영 효율 향상 기대
- 신뢰성을 확보한 성능평가기술 적용을 통한 컨테이너 이송시스템 관련 사고율 및 고장률 감소 기대

○ 네트워크 기반 지능형 인프라 통합제어 시스템 기술 개발
- 센서 퓨전 기술과 인공지능 기반의 기술을 통한 컨테이너 이송시스템 안정성 향상 기대
- 인적 사고 감소를 통해 컨테이너 이송시스템 운영에 대한 보다 나은 의사결정을 내릴 수 있도록 지원
- 종래 기술과의 차별화된 인공지능 기술과 결합한 통합제어 시스템을 통한 시장 선점 기대

- 내륙 물류기지 자동화 시스템 구축 및 관련 시장 선도
- 컨테이너 이송차량 관리 및 통합 제어 시스템 통상 및 특수 보안이슈 분석 및 해결책 모색
- 인공지능 기반 위치추적시스템 철도물류 분야에 실용화 검증

7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : '2020.1 ~ '2023.12(4년)

- 1차년도 연구개발기간 : '2020.1 ~ '2020.12(12개월)

○ 총 연구개발비 : 14,385백만원 이내

- 1차년도 연구개발비: 1,381백만원 이내

※ 1차년도 이후 연차별 연구개발비는 연구단에 할당된 총 정부출연금 범위 내에서 편성

※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음

※ 기업참여 시 기업부담금은 연차별로 「국토교통부소관 연구개발사업 운영 규정」의 기준을 따르되, 추가 부담 가능

※ 세부과제 단위로 연구개발비 출연·부담 기준 적용

※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

8. 기 타

○ 본 과제의 보안등급은 "일반과제"임

○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 참고하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함

○ 기 수행하였거나 현재 수행중인 유사과제와 연구내용이 중복되지 않도록 연구개발계획서를 작성하여야 함

※ www.kaia.re.kr 및 http://rndgate.ntis.go.kr의 유사과제목록 참조

- 공모과제와 관련하여 기 수행되었거나 현재 수행 중인 과제의 연구개발결과물과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함
- 제안된 연구내용이 타 유사과제와 연구방법이나 목표 등에서 차별화되는 경우에는 포함하여도 무방하되, 그 근거를 명확히 해야 함

※ 연구개발 수행 도중 과제의 중복성이 사후에 발견되거나 연구

개발목표가 다른 연구개발에 의하여 성취되어 연구개발을 계속할 필요성이 없어진 때에는 협약을 해약할 수 있음

○ 필요시 공모된 연구과제명 외에 연구목표·내용에 대한 대표성을 가지고 타 연구과제와 차별화되면서 알기 쉬운 연구과제명으로 수정하여 제안할 수 있음

○ 비전, 미션, 연구목표 및 전략체계 제시
- 핵심성과물 및 성과유형 제시
- 과학기술적 성과물을 포함하여 최종성과물을 구체화하여 제시

○ 연구신청자는 연구개발 성과목표(성과지표/달성목표치/가중치) 및 사업수행(일정)계획과 이에 대한 관리계획 등을 연구개발계획서에 제시
- 개발된 기술 및 성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 구체적 방안을 제시해야 함

※ 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용

- 제시한 성과지표는 사전검토, 선정평가를 통해 조정(추가) 가능

○ 참여기업은 참여하고자 하는 과제와 관련된 연구 또는 사업수행실적이 있고, 과제추진 시 역할(자료·기술조사 또는 제공, 시험시공 현장제공 등)이 명확하여야 하며 연구개발결과를 직접 활용하고자 하는 기업에 한함

○ 연구성과의 정량적·정성적 파급효과 제시
- 연구성과의 실용화·사업화로 예상되는 파급효과 및 산출근거

○ 국제공동연구 또는 전문가 활용방안
- 필요시 관련 기술 해외 선도기관과의 공동연구 추진방안 및 전문가 활용계획을 연구계획에 포함

○ 추후 연구개발계획 등은 수정·보완될 수 있으며, 이에 따라 과제내 특정 기술개발에 대한 추진방식 등이 변경될 수 있음
- 본 과제의 연구기간은 추후 협약 시 변경될 수 있음
- 전문기관은 필요시 선정된 주관기관(연구책임자)과 협의를 거쳐 연구개발계획서의 수정·보완(연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화)할 수 있음

- 연구추진과정에서 관련기술 환경변화에 따라 연구내용(연구비 포함)이 조정될 수 있음

○ 연구수행기관으로 선정 이후 필수 이행사항

- 연구개발 성과목표·지표별 달성목표치, 가중치 및 개발된 기술·성과물의 목표수준 달성도를 확인할 수 있는 성과점검기준표 작성 및 제출

※ 성과점검기준표는 향후 진도점검 및 평가 등의 근거자료로 활용

○ 연구수행기관 선정 이후 연구내용의 세부적인 사항을 정하여 협약을 체결하며 연구내용 등이 조정될 수 있음

- 연구내용 등의 조정 시 지원되는 정부출연금이 조정될 수 있음

○ 필요시 연구종료 후 2년간 연구결과물의 지속적인 현장시험이 가능하도록 하여야 함

○ 「내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너 이송시스템 기술개발 기획연구」 최종보고서 참고

제 2 절 평가기준 설정

1. 연구목표의 적절성, 연구개발 필요성 및 타당성 : 배점 30점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
연구목표의 적절성	연구목표의 적절성 및 제안요구서와의 부합성	10	8	6	4	2
연구개발의 필요성	연구추진 및 기술개발 필요성	10	8	6	4	2
연구개발의 타당성	정책/기술/경제적/정부지원 타당성	10	8	6	4	2
소계						

2. 연구계획의 적정성 : 배점 50점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
연구추진체계의 합리성	연구추진체계 및 추진일정의 합리성	10	8	6	4	2
연구추진전략의 적정성	목표 달성을 위한 연구추진전략의 적정성	10	8	6	4	2
연구성과목표 및 지표의 적정성	연구성과목표 및 지표의 적정성	10	8	6	4	2
연구성과의 활용성	연구성과의 실용성 및 활용성, 기대효과	10	8	6	4	2
연구비 편성의 적정성	연구내용대비 예산 규모, 예산 편성의 적정성	10	8	6	4	2
소계						

3. 연구기관의 적정성 : 배점 20점

세부항목	평가내용	배점				
		우수	양호	보통	미흡	불량
연구기관의 규모	연구기관의 규모, 연구인력 및 전문성	10	8	6	4	2
연구기관의 전문성	유사연구 수행실적 및 경험	10	8	6	4	2
소계						

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 "내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너 이송시스템 기술개발 기획" 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 "내륙물류기지 및 배후물류단지 친환경 컨테이너 이송시스템 기술개발 기획" 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표하거나 공개하여서는 안됩니다.