

최종보고서(일반과제용)										보안등급	
										일반[✓], 보안[]	
중앙행정기관명	국토교통부				사업명	사업명				국토교통과학기술 연구개발사업	
전문기관명	국토교통과학기술진흥원					내역사업명				국토교통기술촉진연구사업	
공고번호	공고-제05호				총괄연구개발 식별번호				-		
					연구개발과제번호				21CTAP-C157468-02		
국가과학기술 표준분류	EA203		50%	EA0599		30%	EA506		20%		
총괄연구개발명	국문	-									
	영문	-									
연구개발과제명	국문	스마트 물류센터를 위한 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 핵심 기술 개발									
	영문	Development of Core Technology of Magnetic levitation Multiple parallel transfer and Classification system for Smart distribution center									
주관연구기관	기관명	한국생산기술연구원				사업자등록번호		119-82-01008			
	주소	(우31056) 충남 천안시 서북구 입장면 양대기로길 89, 한국생산기술연구원				법인등록번호		115122-0000210			
주관연구책임자	성명	이학준				직위		선임연구원			
	연락처	직장전화	041-589-8553				휴대전화		010-3012-9248		
		전자우편	hak1414@kitech.re.kr				국가연구자번호		11242426		
연구개발기간	전체	2020. 04. 13 - 2022. 03. 31(2 년 0 개월)									
	1년차	2020. 04. 13 - 2020. 12. 31(0 년 9 개월)									
	2년차	2021. 01. 01 - 2022. 03. 31(1 년 3 개월)									
연구개발비 (단위 : 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계	160,000			-	-	-	-	160,000			-
1년차	210,000			-	-	-	-	210,000			-
2년차	370,000			-	-	-	-	370,000			-
공동연구기관 등	기관명	책임자	직위	휴대전화		전자우편		비고			
								역할	기관유형		
공동연구기관	서울과학기술대학교	안다훈	교수	010-2296-9592		dahm@seoultech.ac.kr		공동	대학		
위탁연구기관											
연구기관 외 기관											
연구개발담당자 실무담당자	성명	이학준				직위		선임연구원			
	연락처	직장전화	041-589-8553				휴대전화		010-3012-9248		
		전자우편	hak1414@kitech.re.kr				국가연구자번호		11242426		

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재 처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2022 년 5 월 10 일

주관연구책임자 : 이 학 준 (직인)

주관연구기관의 장 : 한국생산기술연구원 이 낙 규 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

본 서식은 「국가연구개발혁신법」 시행('21.01.01) 이전에 최종 협약하여 '21.01.01 이후에 최종평가를 시행하는 일반과제용 입니다.

< 요약 문 >

사업명	국토교통과학기술연구개발사업			총괄연구개발 식별번호		-	
내역사업명	국토교통기술촉진연구사업			연구개발과제번호		21CTAP-C157468-02	
국가과학기술 표준분류	EA203	50%	EA0599	30%	EA506	20%	
총괄연구개발명	-						
연구개발과제명	스마트 물류센터를 위한 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 핵심 기술 개발						
전체 연구개발기간	2020. 04. 13 - 2022. 03. 31(2 년 0 개월)						
총 연구개발비	총 370,000 천원 (정부지원연구개발비 : 370,000 천원, 기관부담연구개발비 : 천원, 지방자치단체 : 천원, 그 외 지원금 : 천원)						
연구개발단계	기초[] 응용[☒] 개발[] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]			기술성숙도		착수시점 기준(1) 종료시점 목표(4)	
연구개발과제 유형	지정공모 [] 자유공모 [☒]						
연구개발과제 특성	비실용화						
연구개발 목표 및 내용	최종 목표		스마트 물류센터를 위한 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 핵심 기술 개발				
	전체 내용		○ 자기부상 구동 원리 기반 스마트 물류 인식 기술 개발 ◦ 이송시스템 위치 정보 및 전류-자기장 맵핑 기반 물류 무게 측정 기술 개발 ◦ 자기부상 및 추진 구동 알고리즘 기반 물류 인식 기술 개발 ○ 모듈 확장식 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류시스템 설계 기술 개발 ◦ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 모델링 및 해석 기술 개발 ◦ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 설계 및 최적화 기술 개발 ◦ 부상 이송체 위치 및 모션 센싱시스템 및 전장부 설계 기술 개발 ○ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류시스템 제어기술 및 성능평가 기술 개발 ◦ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 이송 제어 알고리즘 기술 개발 ◦ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류시스템 성능평가 기술 개발				
	목표		- 주관연구기관(한국생산기술연구원): ☐ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 설계 기술 개발 ☐ 자기부상 전류량 이용 물류 무게 인식 기술 개발 - 공동연구기관(공주대학교): ☐ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 설계 및 최적화				
	1년차 내용		- 주관연구기관(한국생산기술연구원): ☐ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 설계 기술 개발 ○ 목표 물류에 따른 SPEC 분석 및 선행 기술조사 ◦ 목표 물류에 따른 SPEC 분석 및 세부 상세 SPEC 정의 ◦ 자기부상 운송기술 기술 동향 조사 ○ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 개념 설계 ◦ 자기부상 및 추진 구동부 개념설계 ◦ 위치제어 센싱 시스템 개념 설계 ◦ 자기장 이용 부상높이 조절 알고리즘 수립 ○ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 전장 설계 ◦ 구동/센싱 시스템에 따른 전장 개념 구성 ◦ 구동 드라이버/컨트롤러 선정 및 구성				

			○ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 상세 설계 ◦ 위치제어 센싱 시스템 상세 설계 ◦ 기구 프레임 상세 설계 ◦ 전장부 상세 설계 ◦ 시제품 상세 설계 도면 작성 □ 자기부상 전류량 이용 물류 무게 인식 기술 개발 ○ 자기장 이용 무게 인식 기술 개발 ◦ 전류량 이용 무게 측정 개념 정립 ◦ 무게 측정 Test bed 구성 ◦ 무게 측정 Test bed 무게 정확도 성능평가 ○ 자기부상 이송 및 분류시스템과 무게 인식 연동 기술 개발 ◦ 위치에 따른 자석/전류 자기장 Mapping 이용한 무게 측정 알고리즘 수립 ◦ 자기장 이용 부상높이 조절 알고리즘 수립 - 공동연구기관(공주대학교): □ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 설계 및 최적화 ○ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 설계 및 모델링 기술 개발 ◦ 자기부상 및 추진 구동용 영구자석 및 권선 배열 연구 ◦ 저중량·고강성 이송체 설계 연구 ◦ 이송체 영구자석 자기선속 모델링 연구 ◦ 이송 동체의 기계 동역학 모델링 연구 ◦ 전자계 및 냉각 시스템 열전달 모델링 연구 ◦ 모델링 기반 설계 변수 및 민감도 분석 ○ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 3차원 해석 알고리즘 개발 ◦ 이송체 영구자석 자기선속 해석 연구 ◦ 전자계 및 냉각 시스템의 열전달 해석 연구 ◦ FEM 이용 이송 동체 구조 강성 해석 연구 ◦ 평판형 자기부상 및 추진 구동부의 연성해석 연구 ◦ 해석 알고리즘 기반 자기부상 및 추진 구동부 모델링 검증 ○ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 최적화 설계 기술 개발 ◦ 모델링 및 해석 기술 기반 최적 설계 연구 ◦ 평판형 자기부상 및 추진 구동부의 설계 최적화 프로세스 연구 ◦ 제작성 기반 최종 설계 검증
		2년차	- 주관연구기관(한국생산기술연구원): □ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 제작 및 시스템 셋업 □ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 제어 및 성능평가 - 참여기관(서울과학기술대학교): □ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 제어 - 주관연구기관(한국생산기술연구원): □ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 제작 및 시스템 셋업 ○ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 제작 ◦ 상세 설계 기반 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 H/W 및 전장 제작 ◦ 시스템 추가 보완 사항 검토 및 보완

		○ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 셋업 ◦ 시스템 셋업 및 위치 별 시스템 자기장 평가 ◦ 드라이버 및 컨트롤러 기초 성능 평가 □ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 제어 및 성능평가 ○ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 기초제어 및 성능평가 ◦ 기초제어 알고리즘 적용 및 힘/위치정밀도 기초 제어 성능평가 ◦ 추진 구동부 스위칭 기초 제어 위치정밀도/가속도/속도 성능평가 ◦ 자기장/전류 이용 무게 측정 기초 성능평가 ○ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 스위칭 알고리즘 적용 및 성능평가 ◦ 자기장 이용 부상높이 조절 알고리즘 개발 ◦ 센서 이용 자기장 매핑 기술 개발 ◦ 위치 오차 보상 기술 적용 및 성능평가 ◦ 다중 병렬 이송 용 스위칭 하드웨어 개발 ◦ 스위칭 알고리즘 적용 및 성능평가 ○ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 최종 성능평가 및 보완점 수립 ◦ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 위치정밀도 평가 ◦ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 가속도 평가 ◦ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 세틀링 시간 평가 ◦ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 최고속도 평가 ◦ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 보완점 분석 및 보완 평가 - 참여기관 1(서울과학기술대학교): □ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 제어 ○ 평판형 자기부상 및 추진 구동 기술 개발 ◦ 다채널 전류 증폭기 이용 전류 구동 기술 개발 ◦ Flux linkage 분석 및 제어 plant 모델링 연구 ◦ 자기부상 및 추진 구동부 6자유도 위치 제어 알고리즘 기술 개발 ◦ 자기부상 및 추진 구동부 권선간 안정적 스위칭 알고리즘 개발 ○ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 이송 제어 기술 개발 ◦ 자기부상 이송체의 안정적 제어 시퀀스 개발 ◦ 자기부상 이송체의 위치에 따른 Kinematics 변화 분석 ◦ 자기부상 이송체의 안전성 확보를 위한 제어 알고리즘 구현 ◦ 자속밀도 향상을 위한 신규 자석 배열 연구																												
연구개발성과	○ 모듈 확장식 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류시스템 설계 기술 개발 ○ 자기부상 구동 원리 기반 스마트 물류 인식 기술 개발 ○ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류시스템 제어 기술 및 성능평가 기술 개발 <예상되는 연구개발성과 유형> <table><tr><th rowspan="2">구분</th><th rowspan="2">논문</th><th rowspan="2">특허</th><th rowspan="2">보고서 원문</th><th rowspan="2">연구시설 · 장비</th><th rowspan="2">기술요약 정보</th><th rowspan="2">소프트웨 어</th><th rowspan="2">화합물</th><th colspan="2">생명자원</th><th colspan="2">신품종</th></tr><tr><th>생명 정보</th><th>생물 자원</th><th>정보</th><th>실물</th></tr><tr><td>예상성과 (N/Y)</td><td>Y</td><td>Y</td><td>Y</td><td>Y</td><td>N</td><td>Y</td><td>N</td><td>N</td><td>N</td><td>N</td><td>N</td></tr></table>	구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 · 장비	기술요약 정보	소프트웨 어	화합물	생명자원		신품종		생명 정보	생물 자원	정보	실물	예상성과 (N/Y)	Y	Y	Y	Y	N	Y	N	N	N	N	N	
구분	논문									특허	보고서 원문	연구시설 · 장비	기술요약 정보	소프트웨 어	화합물	생명자원		신품종												
		생명 정보	생물 자원	정보	실물																									
예상성과 (N/Y)	Y	Y	Y	Y	N	Y	N	N	N	N	N																			
연구개발성과 활용방안 및 기대효과	○ 활용 방안 ◦ 모듈식 자기부상 구조로서 물류 경로 확장성이 높고 구성된 시스템의 변경, 유지보수가 용이하여 가변적인 물류 및 생산 라인 구축에 활용 ◦ 평판형 자기부상 구조의 물류시스템으로서 분진 발생이 없어 청정 환경이 요구되는 식품, 제약, 반도체 산업의 완제품 물류 시스템 및 생산라인의 부품 물류로서 활용 ○ 기대효과 ◦ 물류 무게 인식에 기반한 자동 분류 및 다중 병렬 이송이 가능하여 물류의 선별 및 개별																													

	이송 제어를 통한 물류 및 생산 라인 전체의 생산성 향상 기대 ◦ 기존의 일본산 부품을 사용하는 물류 자동화 장비의 국산화 기대 ◦ 세계 최초로 자기부상 시스템의 무게 측정 기술을 개발하여 고속 물류 분류 핵심 기술 확보로 신산업창출 및 세계 시장 진출 기대 및 수출 경쟁력 강화											
연구개발성과의 비공개여부 및 사유	해당없음											
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설· 장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
	7	5	2			1						
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)	고속 이송 및 분류		모듈 확장식 이송시스템		무게 측정		병렬 이송		자기부상			
영문핵심어 (5개 이내)	High speed transport and sort		Modular conveying system		Weight measurement		Parallel transport		Magnetic levitation			

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

별첨자료(참고문헌 등)

1. 연구개발과제의 개요

1) 연구개발과제의 최종 목표

-
- 스마트 물류센터를 위한 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 핵심 기술 개발
 - 자기부상 전류량 이용 물류 무게 인식 기술 개발
 - 전류량 이용 무게 인식 기술
 - 위치에 따른 자석/전류 자기장 맵핑 이용한 무게 측정 기술
 - 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류시스템 설계 기술 개발
 - 구동부 모델링 및 해석 기술 개발
 - 평판형 자기부상 및 추진 구동부 설계 및 최적화 기술 개발
 - 센싱시스템 및 전장부 설계 기술 개발
 - 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류시스템 제어기술 및 성능평가 기술 개발
 - 평판형 자기부상 및 추진 구동부 이송 제어 알고리즘 기술
 - 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류시스템 성능평가 기술
-

2) 연구개발과제의 연차별 목표

1) 1차 연도

- 주관연구기관(한국생산기술연구원):
 - ☐ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 설계 기술 개발
 - ☐ 자기부상 전류량 이용 물류 무게 인식 기술 개발
- 공동연구기관(서울과학기술대학교):
 - ☐ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 설계 및 최적화

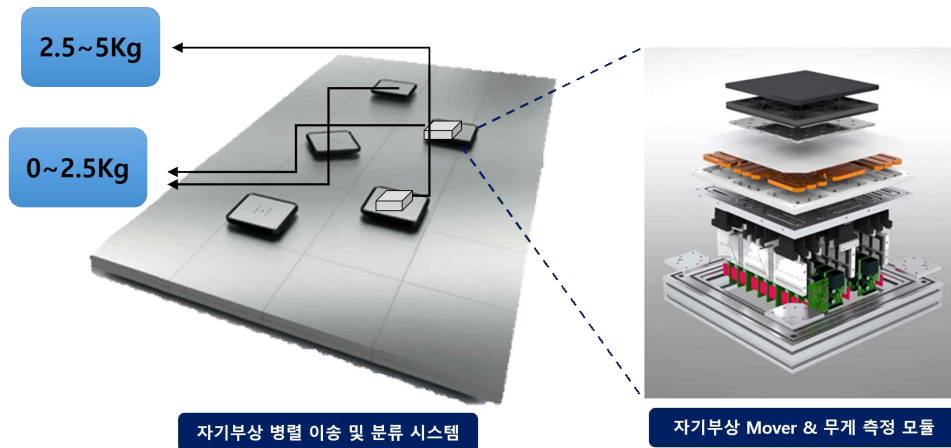
2) 2차 연도

- ① 개발 목표
 - 주관연구기관(한국생산기술연구원):
 - ☐ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 제작 및 시스템 셋업
 - ☐ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 제어 및 성능평가
 - 공동연구기관(서울과학기술대학교):
 - ☐ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 제어
-

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내·외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2020)	자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 설계 기술 개발	자기부상력 설계 결과	6 kg	6 kg	독일/Beckhoff社 성능지표에 근거	15
	자기부상 전류량 이용 물류 무게 인식 기술 개발	무게측정 Test bed 이용 무게측정 정확도	-	10 g	물류의 종류를 인식할 수 있는 수준에서 설정	5
2년차 (2021)	자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 제작 및 시스템 셋업	자기부상력	6 kg	6 kg	독일/Beckhoff社 성능지표에 근거	20
	자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 제어 및 성능평가	시스템 위치 오차	0.15 mm	5 mm	물류 이송에 충분한 정도로 설정	20
		무게 측정 정확도	-	10 g	물류의 종류를 인식할 수 있는 수준에서 설정	20
		추진 가속도 :	20 m/s ²	20 m/s ²	독일/Beckhoff社 성능지표에 근거	20

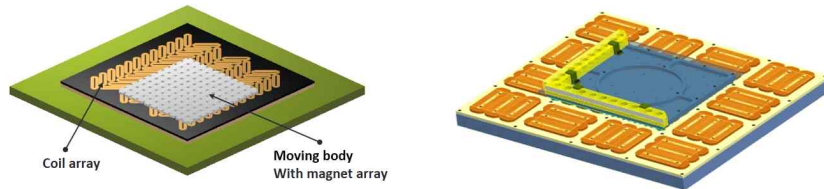
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

1) 1차 연도

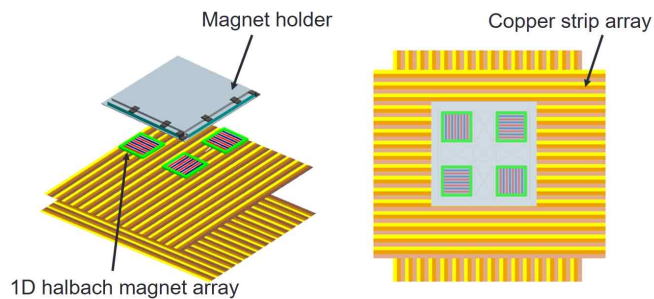


- 주관연구기관(한국생산기술연구원):

- 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 설계 기술 개발
 - 목표 물류에 따른 SPEC 분석 및 선행 기술조사
 - 목표 물류에 따른 SPEC 분석 및 세부 상세 SPEC 정의
 - 자기부상 운송기술 기술 동향 조사



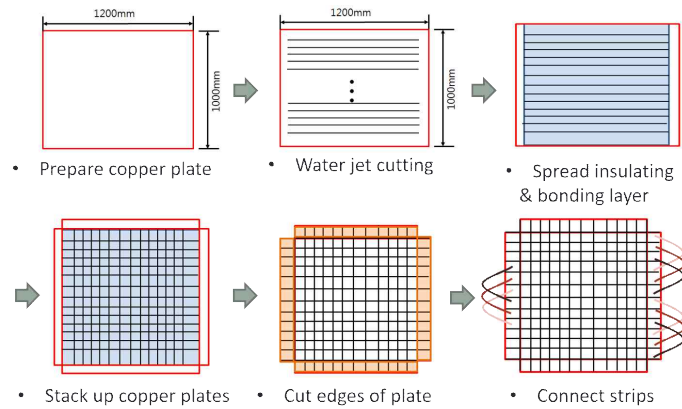
- 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 개념 설계
 - 자기부상 및 추진 구동부 개념설계
 - 위치제어 센싱 시스템 개념 설계
 - 자기장 이용 부상높이 조절 알고리즘 수립



- 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 전장 설계
 - 구동/센싱 시스템에 따른 전장 개념 구성
 - 구동 드라이버/컨트롤러 선정 및 구성

- 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 상세 설계

- 위치제어 센싱 시스템 상세 설계
- 기구 프레임 상세 설계
- 전장부 상세 설계
- 시제품 상세 설계 도면 작성



□ 자기부상 전류량 이용 물류 무게 인식 기술 개발

○ 자기장 이용 무게 인식 기술 개발

- 전류량 이용 무게 측정 개념 정리
- 무게 측정 Test bed 구성
- 무게 측정 Test bed 무게 정확도 성능평가

○ 자기부상 이송 및 분류시스템과 무게 인식 연동 기술 개발

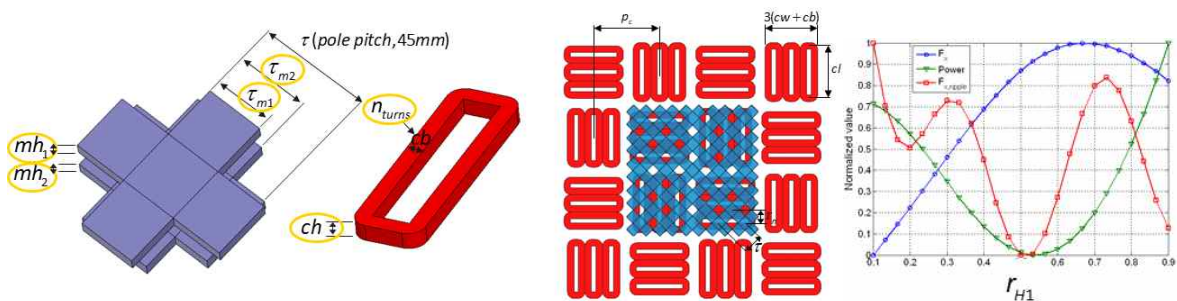
- 위치에 따른 자석/전류 자기장 Mapping 이용한 무게 측정 알고리즘 수립
- 자기장 이용 부상높이 조절 알고리즘 수립

- 공동연구기관(서울과학기술대학교):

□ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 설계 및 최적화

○ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 설계 및 모델링 기술 개발

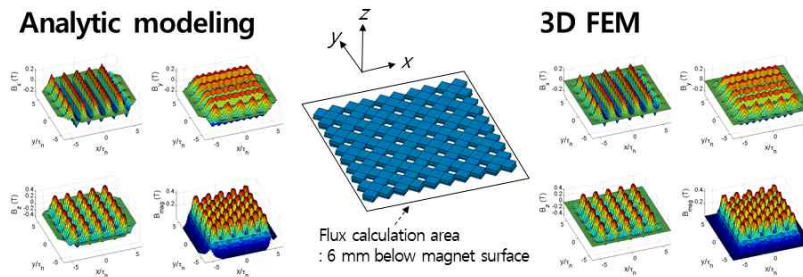
- 자기부상 및 추진 구동용 영구자석 및 권선 배열 연구
- 저중량·고강성 이송체 설계 연구
- 이송체 영구자석 자기선속 모델링 연구
- 이송 동체의 기계 동역학 모델링 연구
- 전자계 및 냉각 시스템 열전달 모델링 연구
- 모델링 기반 설계 변수 및 민감도 분석



○ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 3차원 해석 알고리즘 개발

- 이송체 영구자석 자기선속 해석 연구
- 전자계 및 냉각 시스템의 열전달 해석 연구

- FEM 이용 이송 동체 구조 강성 해석 연구
- 평판형 자기부상 및 추진 구동부의 연성해석 연구
- 해석 알고리즘 기반 자기부상 및 추진 구동부 모델링 검증



- 평판형 자기부상 및 추진 구동부 최적화 설계 기술 개발
 - 모델링 및 해석 기술 기반 최적 설계 연구
 - 평판형 자기부상 및 추진 구동부의 설계 최적화 프로세스 연구
 - 제작성 기반 최종 설계 검증

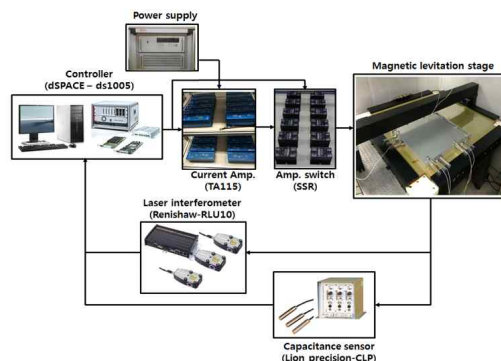
가. 2차 연도

① 개발 목표

- 주관연구기관(한국생산기술연구원):
 - ☐ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 제작 및 시스템 셋업
 - ☐ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 제어 및 성능평가
- 참여기관(서울과학기술대학교):
 - ☐ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 제어

② 개발 내용 및 범위(시스템 구성도, 구조 등을 그림으로 구체적 표현)

- 주관연구기관(한국생산기술연구원):
 - ☐ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 제작 및 시스템 셋업
 - 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 제작
 - 상세 설계 기반 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 H/W 및 전장 제작
 - 시스템 추가 보완 사항 검토 및 보완
 - 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 셋업
 - 시스템 셋업 및 위치 별 시스템 자기장 평가
 - 드라이버 및 컨트롤러 기초 성능 평가

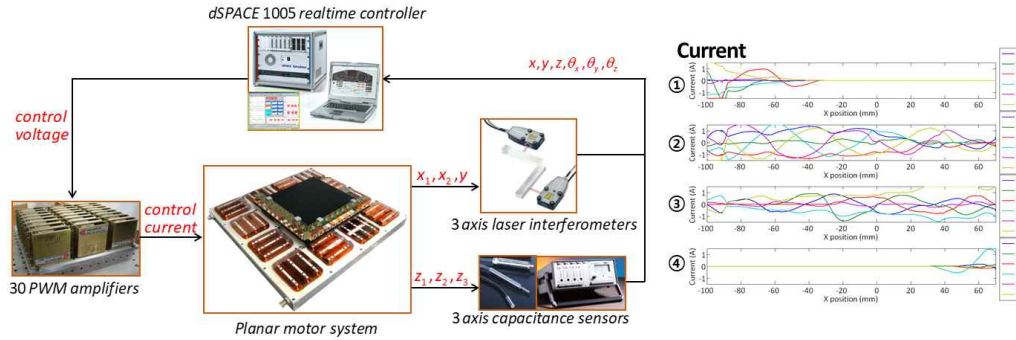


- ☐ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 제어 및 성능평가
- 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 기초제어 및 성능평가

- 기초제어 알고리즘 적용 및 힘/위치정밀도 기초 제어 성능평가
- 추진 구동부 스위칭 기초 제어 위치정밀도/가속도/속도 성능평가
- 자기장/전류 이용 무게 측정 기초 성능평가

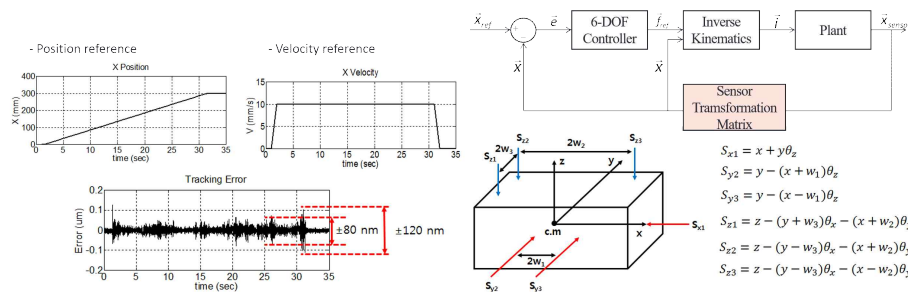
○ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 스위칭 알고리즘 적용 및 성능평가

- 자기장 이용 부상높이 조절 알고리즘 개발
- 센서 이용 자기장 매핑 기술 개발
- 위치 오차 보상 기술 적용 및 성능평가
- 다중 병렬 이송 용 스위칭 하드웨어 개발
- 스위칭 알고리즘 적용 및 성능평가



○ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 최종 성능평가 및 보완점 수립

- 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 위치정밀도 평가
- 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 가속도 평가
- 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 세틀링 시간 평가
- 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 최고속도 평가
- 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 보완점 분석 및 보완 평가

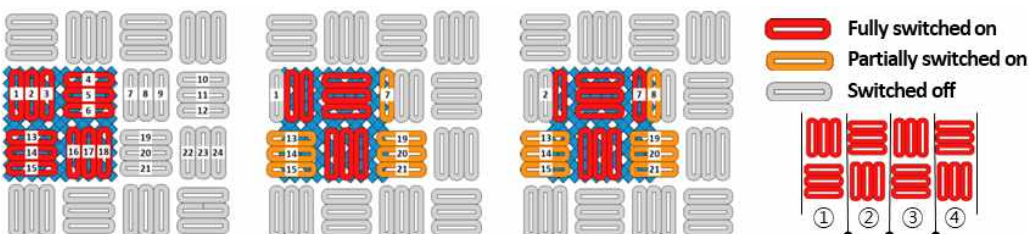


- 참여기관 1(서울과학기술대학교):

□ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 제어

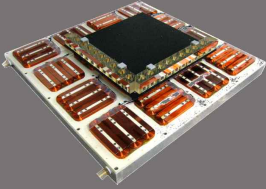
○ 평판형 자기부상 및 추진 구동 기술 개발

- 다채널 전류 증폭기 이용 전류 구동 기술 개발
- Flux linkage 분석 및 제어 plant 모델링 연구
- 자기부상 및 추진 구동부 6자유도 위치 제어 알고리즘 기술 개발
- 자기부상 및 추진 구동부 권선간 안정적 스위칭 알고리즘 개발



- 평판형 자기부상 및 추진 구동부 이송 제어 기술 개발
 - 자기부상 이송체의 안정적 제어 시퀀스 개발
 - 자기부상 이송체의 위치에 따른 Kinematics 변화 분석
 - 자기부상 이송체의 안전성 확보를 위한 제어 알고리즘 구현
 - 자속밀도 향상을 위한 신규 자석 배열 연구

□ 연구내용 및 최종결과물 상세기술표

해결과제	연구내용	최종결과물
물류 무게 인식 기술	- 부상 위치 제어 기반 물류 무게 측정 기술 - 위치 데이터 및 전류값 기반 무게 추정 기술 - 물류 무게 측정 정확도 향상 기술 - 동적 위치제어를 통한 무게 추정 기술 - 데이터 기반 보정 및 학습을 통한 오차 보정 기술	- 위치별 무게 측정 알고리즘 - 위치 별 이송체 전류량 데이터 테이블 - 1kg, 2kg, 5kg 무게 별 전류량 데이터 테이블 - 데이터 테이블 기반 학습 3kg, 4kg 무게 별 전류량 비교 결과
자기부상 기술	- 영구자석-다상권선 전자기 모델링 및 해석 기술 - 로렌츠 힘에 의한 6자유도 전자기력 모델을 통해 자기부상 구현 - 다상권선 열전달 모델링 및 해석 기술 - 고추력 자기부상에 따른 효율적인 권선 냉각 - 자기부상 시스템 최적화 기술 - 고추력, 저중량, 저전력을 동시에 달성하기 위한 설계 최적화 기술	- 영구자석형 이동형으로서 비접촉, 비연결 방식의 2차원 평면 이동형 정밀 자기부상 물류 이송 시스템 - 물류 이송을 위한 자기부상 이송체와 하부 권선 트랙 - 권선 구동을 위한 제어 전장 시스템 및 수냉각 시스템
부상체 이송 기술	- 자기부상체 모션 측정 기술 - 비접촉(Non-contact), 비연결(No wire) 부상체 정밀 모션 측정을 위한 센싱 시스템 구성 기술 - 자기부상체 정밀 위치 결정 제어 기술 - 다상 권선 시스템과 2차원 자석배열을 이용한 6자유도 자기부상 제어 기술 - 대규모 다상 권선 시스템의 부상체 위치 기반 스위칭 제어 기술	 <최종 결과물 예시>

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과 (상세 내용은 별첨보고서 참조)

□ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 설계 기술 개발

○ 목표 물류에 따른 SPEC 분석 및 선행 기술조사

– 기존의 가장 진보된 기술인 이중서보 구조는 다물체 모션으로 인해 외란에 취약하고 제어의 복잡성이 증가하며, 공기베어링의 사용으로 진공환경 공정이 불가하여 그 성능에 한계를 보이고 있으며, 자기 부상 이송 기술이 차세대 핵심 기술로 주목받고 있음

– 자기부상 이송 시스템은 크게 권선이 움직이는 Moving Coil 형태와 자석이 움직이는 Moving Magnet 형태로 구분

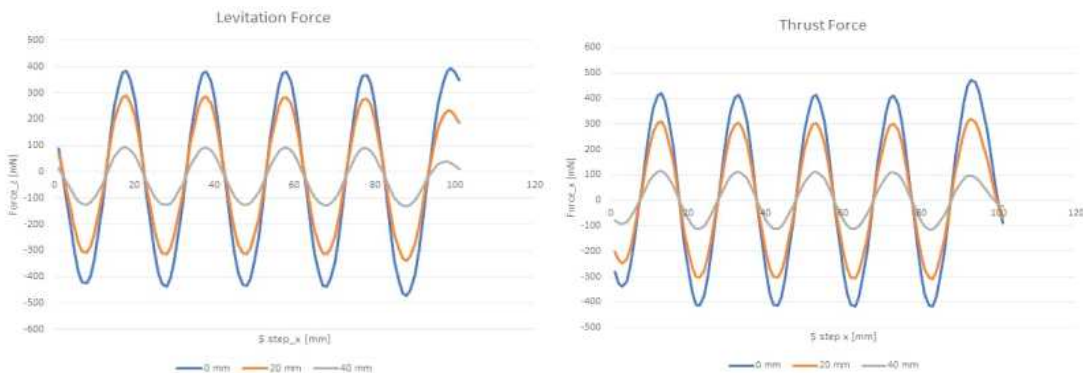
– Moving Magnet 형태는 고정부인 권선의 형태에 따라 Multiple Linear Motors, Multi-layered Long Coils, Short Coils 형태로 구분

– 독일의 Beckhoff Automation GmbH는 자기부상 물류 시스템 XPlanar를 개발하여 판매

– 캐나다의 Planar motors社は Beckhoff Automation XPlanar와 거의 유사한 Xbot을 개발하여 판매

○ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 설계

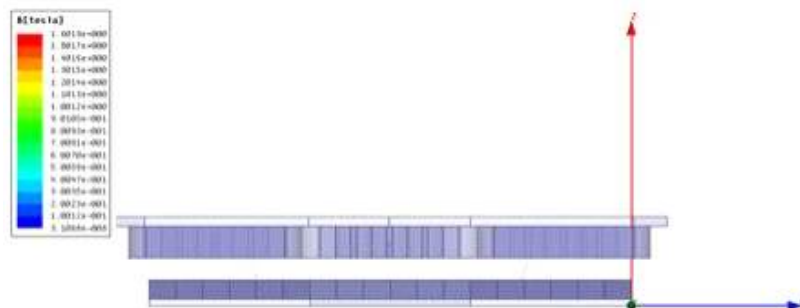
– FEM 해석 이용 자기부상 시스템의 추진력, 부상력 및 자기선속 기반한 개념설계 수행



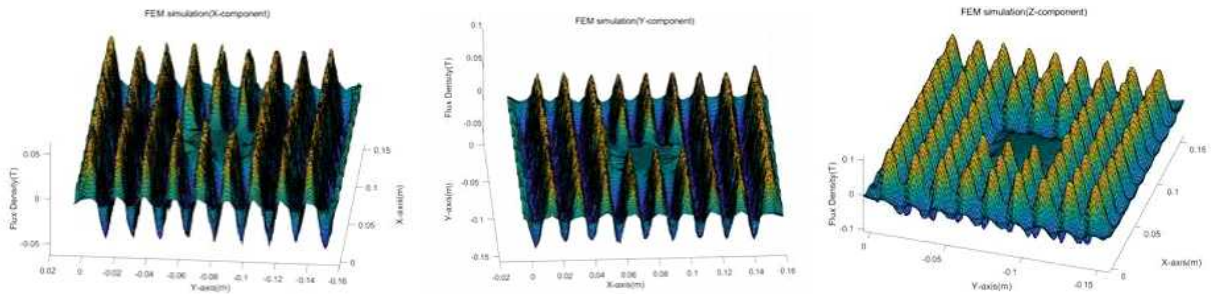
< 초기 모델에서의 부상력 및 추진력 >

– 하나의 권선에서의 부상력과 추진력을 계산, 실제 전류가 인가된 24 개의 권선과 2차원 영구자석 배열 사이의 로렌츠 힘이 작용하여 부상 및 추진이 가능하므로, 권선의 크기와 권선을 만들 때 감은 도선의 수를 이용하여 권선의 저항을 구하고 사용하는 전력량을 가정했을 때의 전류값의 비율로 총 24개의 권선에서의 힘을 계산

– 이송체 자석배열의 자기장을 이용하여 부상높이를 조절, 제안하는 시스템의 X방향 자기장, Y방향 자기장, Z방향 자기장 분포를 해석, 자기장 데이터 3개를 통해 이송체의 x, y, z방향 위치를 획득 및 부상높이 조절 알고리즘 함수 구현



< 자기장 해석 >



< x, y, z 방향 자기장 분포 >

- 권선부 상세 설계

와이어	자기 용착선(self-bonding wire) 와이어 종류 : EIW (polyesterimide enamel coated wire) 온도 등급 : H(180℃) 절연 두께 : 1종 또는 2종 도체 직경 : $\varnothing 0.4$ mm
권선의 턴 수	270 turns/coil (23*6 + 22*6)
권선 방향	시작선을 위에 놓고 볼 때 반시계방향
권선 저항 (DC, 20℃)	4.3Ω /coil ($\pm 0.2 \Omega$)
권선 무게	약 35g

- 기구 프레임 상세 설계/시제품 상세 설계도면 작성

○ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 전장 설계

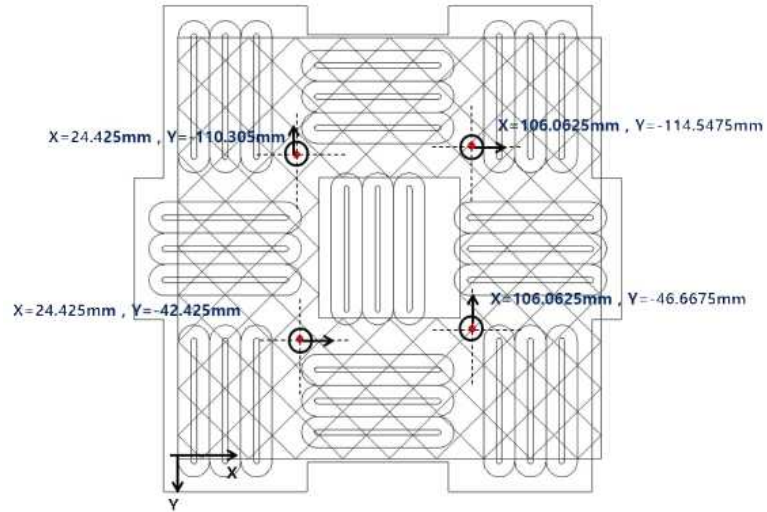
- 자기부상 시스템 구동 제어를 위한 전장 구성: 전류증폭기(24개, Advanced motion control社, Ab15a100), 전력공급모듈(구동기용: Glentek사의 GP8600-50, 센서용: AC-DC converter), 컨트롤러

○ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 위치제어 센싱 시스템 설계

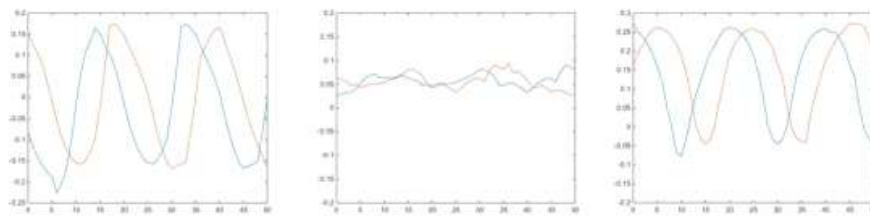
- 2D Hall sensor 4개를 통해 X, Y, Z, roll, pitch, yaw 움직임 측정(Sentron 社의 2D Hall sensor 2SA-10)

- X 축의 전/후진을 측정: 시스템 중앙대비 우상단과 좌하단 2D Hall sensor가 1/2 pitch 간격을 두고 설치

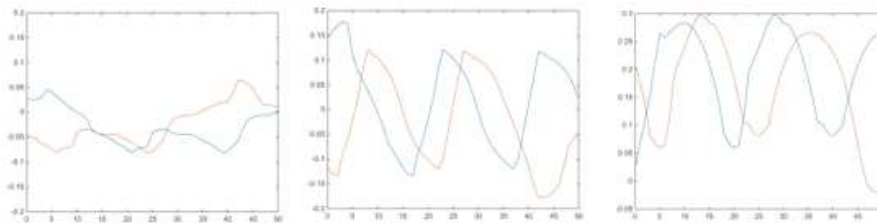
- Y 축의 전/후진을 측정: 중앙대비 좌상단과 우하단 2D Hall sensor가 1/2 pitch 간격을 두고 설치



< 2D 홀센서 설치 위치 >



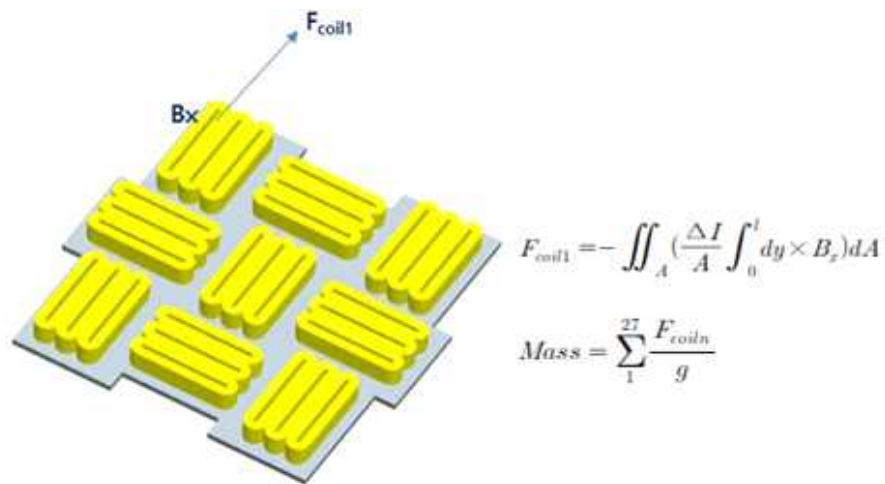
< X축 이동시 x, y, z 방향 홀센서 signal >



< Y축 이동시 x, y, z 방향 홀센서 signal >

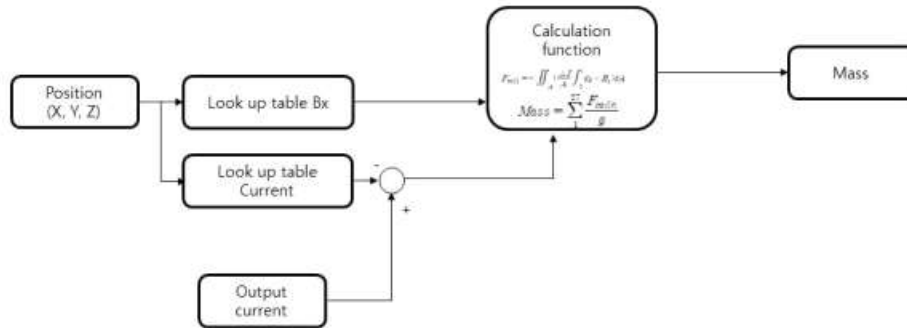
□ 자기부상 전류량 이용 물류 무게 인식 기술 개발

- 동일 위치/가변 무게에 대해 위치제어를 수행할 때 발생하는 전류량을 통해 시스템 상부 물체 무게 추정

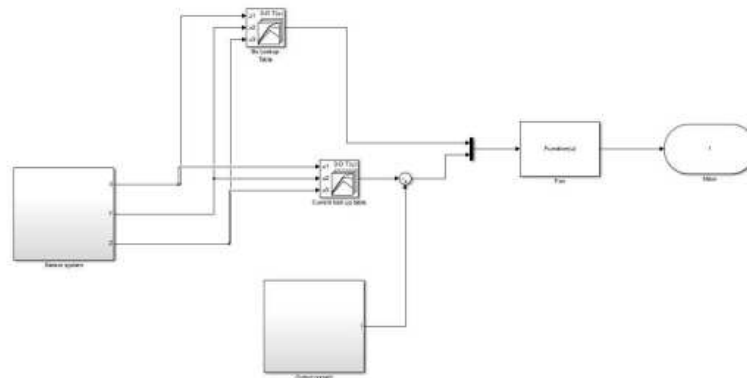


< 권선에서의 전류량 변화를 통한 힘 및 무게 측정 >

- 위 전류량 이용 무게측정 개념을 이용하여 위치에 따른 자석/전류 자기장 Mapping 이용한 무게 측정 알고리즘을 수립



< 무게 측정 알고리즘 개념도 >

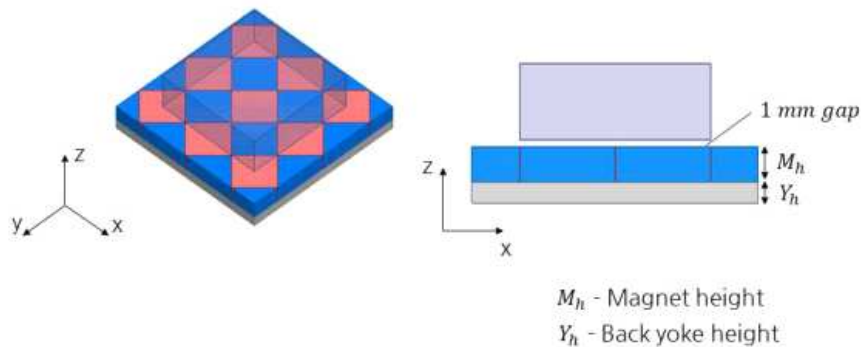


< 무게 측정 알고리즘 구현(MATLAB Simulink) >

□ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 설계 및 최적화

○ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 설계 및 모델링 기술 개발

- 자기부상 및 추진 구동용 영구자석 및 권선 배열 연구: 3상 권선 배열 해석 결과 부상력은 약 4 kgf로, 이송체의 무게를 2 kg 정도로 가정하면, 이송체 위의 물체를 2kg까지 올린 채로 부상시키는 것이 가능, 추진력은 약 2 kgf로, 10 m/s² 정도로 예측 가능
- 저중량·고강성 이송체 설계 연구

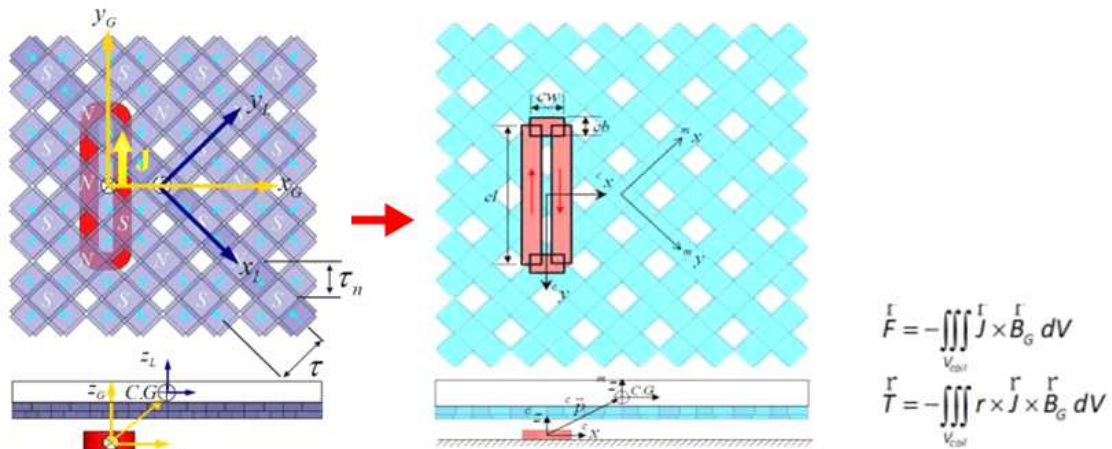


< 이송체 자기장 분석 모델 >

자기부상 구조체의 강성과 무게를 모두 고려하여 영구자석의 높이 6mm와 Back yoke의 높이 2mm를 선정

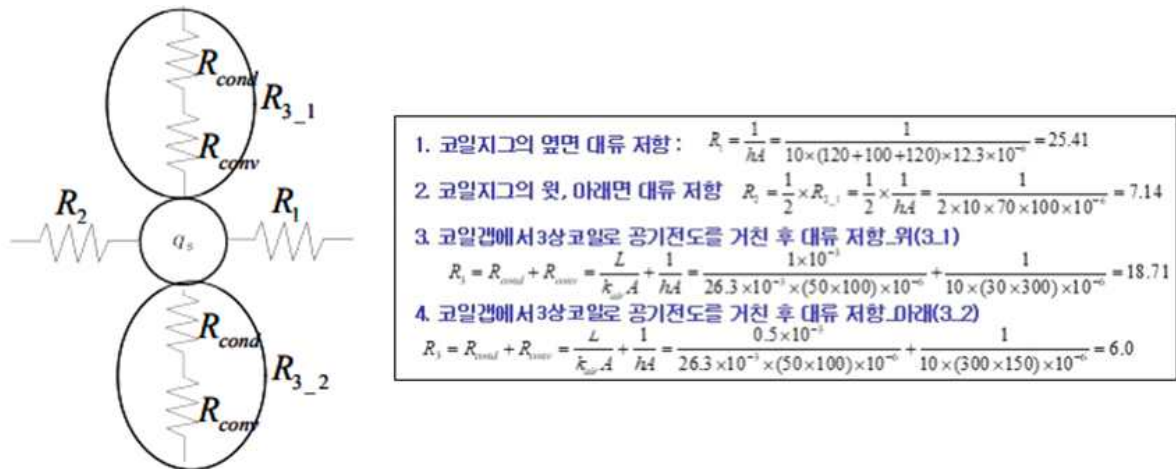
- 이송체 영구자석 자기선속 모델링 연구: 자석배열이 주기적이고 코일의 크기가 작지만 한 지점에서의 자기선속은 많은 자석들의 영향을 받기 때문에 주기(Harmonic) 모델링 및 이미지 메소드 사용

- 이송 동체의 기계 동역학 모델링 연구: 자기부상 평면모터의 로렌츠 힘 원리를 적용하여, 단순화된 코일모형을 사용하여 힘 및 토크 계산



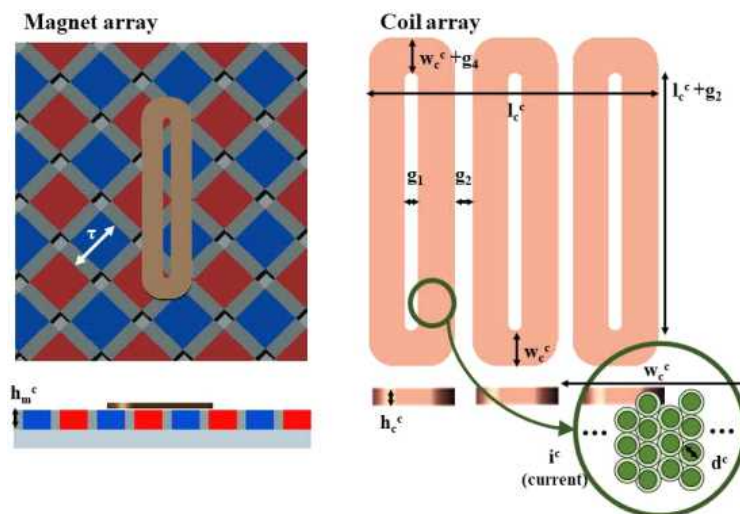
< 4면으로 단순화된 코일 모델 >

- 전자계 및 냉각 시스템 열전달 모델링 연구: 부상력에 의해 최대 6kg의 중량을 정지상태에서 지지하는 경우, 동적으로 2 kg 중량의 부상과 동시에 x 및 y 방향으로 동시에 2G의 가속이 이루어질 때 코일에서 발생해야 하는 힘을 모델링

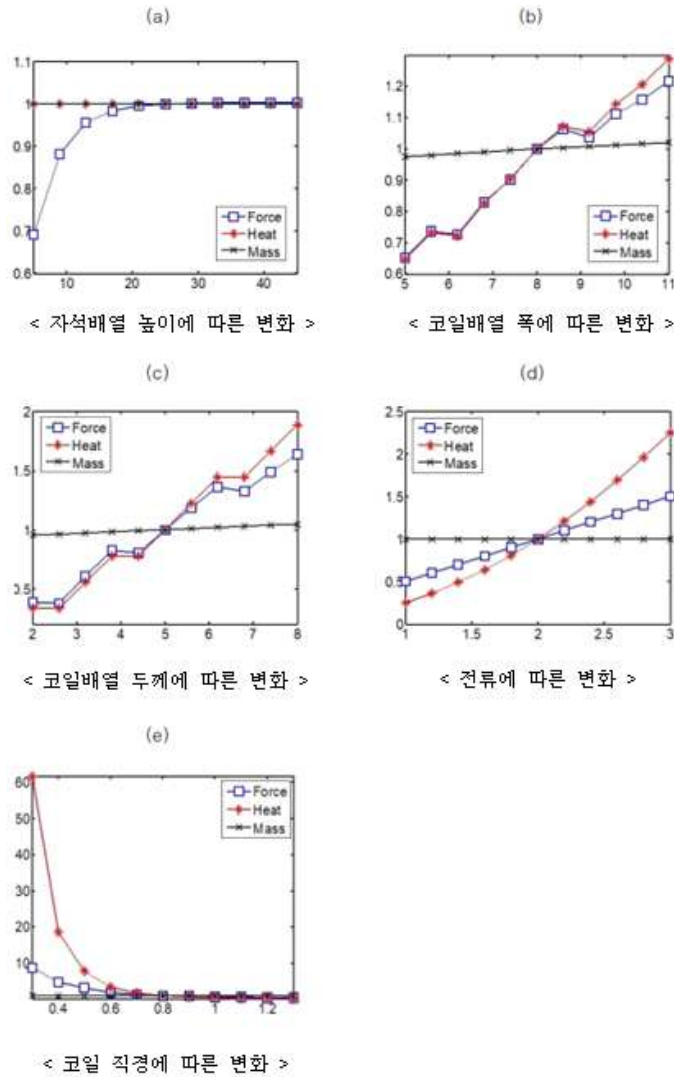


< 코일 열방출 저항의 모델링 >

- 모델링 기반 설계 변수 및 민감도 분석: 민감도 분석을 통해 각각의 설계변수들이 시스템 성능에 미치는 영향 분석

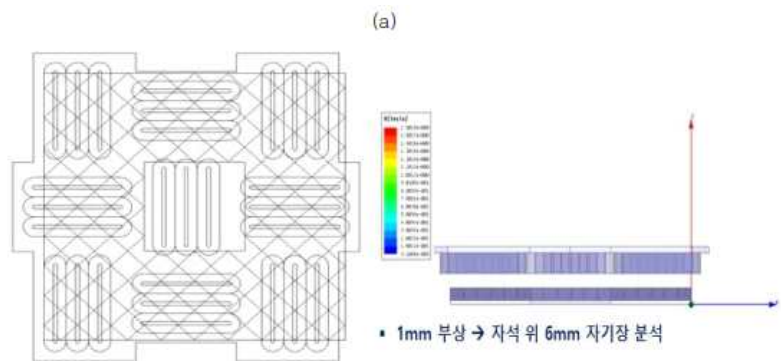


< 설계 변수 >

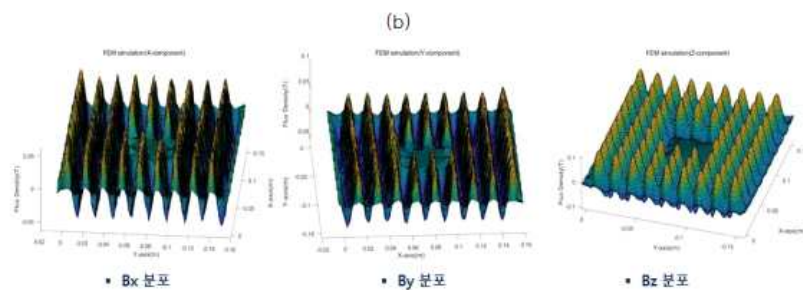


○ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 3차원 해석 알고리즘 개발

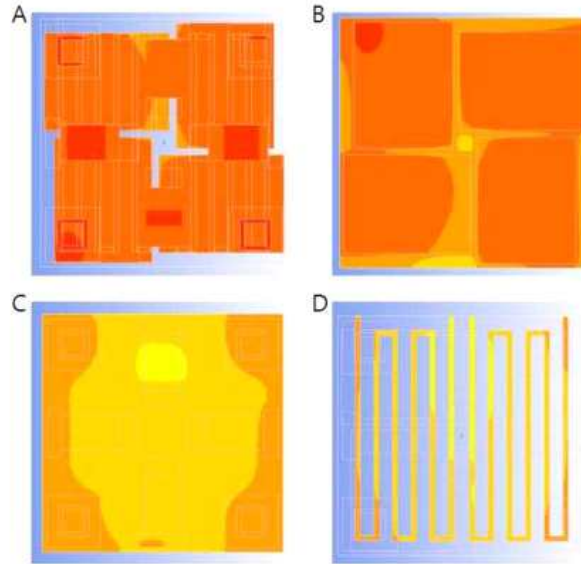
- 이송체 영구자석 자기선속 해석 연구: 영구자석 이송체의 위 6mm 공간에서의 자기장 분석 결과, 최대 Bx 수준은 0.0628 T 였으며, By는 0.0678 T, Bz는 0.1117 T



< 1mm 부상 시에 영구자석 위의 6mm 공간의 자기장 분석 모델 >



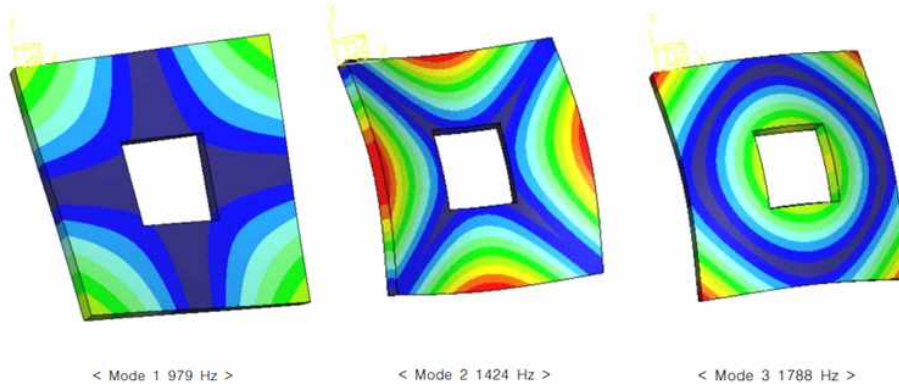
- 전자계 및 냉각 시스템의 열전달 해석 연구: 고출력을 구현하기 위해 코일에서 발생하는 열을 방열 설계 및 냉각핀 형상 설계를 및 해석



< 열전달 및 냉각 FEM 해석 결과 >

A) 코일부의 온도 증가 형상, B) 세라믹 블록의 온도 증가 형상, C) 알루미늄 블록의 온도 증가 형상, D) 유로네 냉각수의 온도 증가 형상

- 제작된 이송 동체의 구조강성을 해석으로 확인, 첫 번째 모드는 979Hz, 두 번째 모드는 1424Hz, 3번째 모드는 1788Hz로 충분히 동적강성이 있음을 확인



○ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 최적화 설계 기술 개발

- 모델링 및 해석 기술 기반 최적 설계 연구: 모두 14개의 설계 변수 중 공간적 제약으로 선 지정되거나 상호 기하학적인 관계에 의해 결정되는 종속 변수를 제외한 6개의 독립 변수를 설정

설계 변수	설명
독립 변수	h_m^c 자석의 높이
	η 할바흐 자석배열의 크기 비율
	w_c^c 코일 블록의 너비
	h_c^c 코일 블록의 높이
	i^c 전류의 크기
	d^c 코일의 직경
종속 변수	τ 자석 배열의 반주기
	τ_m 할바흐 배열에서 주자석의 너비
	l_c^c 코일블록의 길이
	g_1 코일 블록 내 공극의 너비
	g_3 코일 세트간의 거리
지정 변수	g_2 코일 블록간의 거리 : 최대 힘을 위해 0mm로 지정됨
	g_4 코일 배치의 여분 : 스테이지부 최대 면적을 활용하기 위해 최소 크기인 8mm로 지정됨
	l_w^c 스테이지부의 구조의 길이 : 200 mm stroke 대응 250 mm로 지정됨

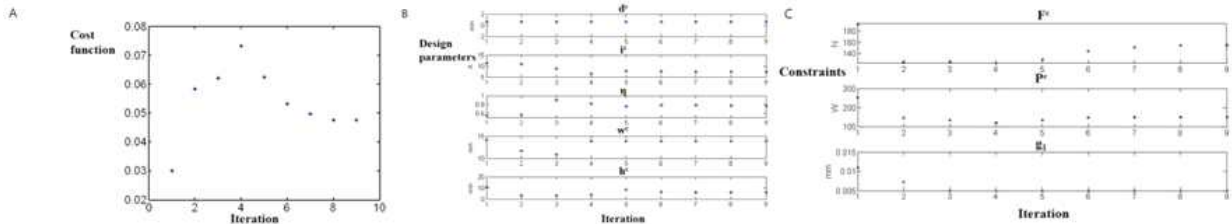
< 상세 설계 변수 설정 >

- 목적함수 및 제한 조건: 평면 모터의 힘 대 질량 비율을 최대화, 최소한으로 필요한 수평 힘과 수직 힘을 제한 조건으로 설정

목적 함수	Maximize (F_y/m^c or F_z/m^c)	
	부상력, F_z	> 100 N
제한 조건	추력, F_x	> 100 N
	코일에서의 열발생량, P^c	< 150 W
	(스캐닝 모션 듀티 45%)	

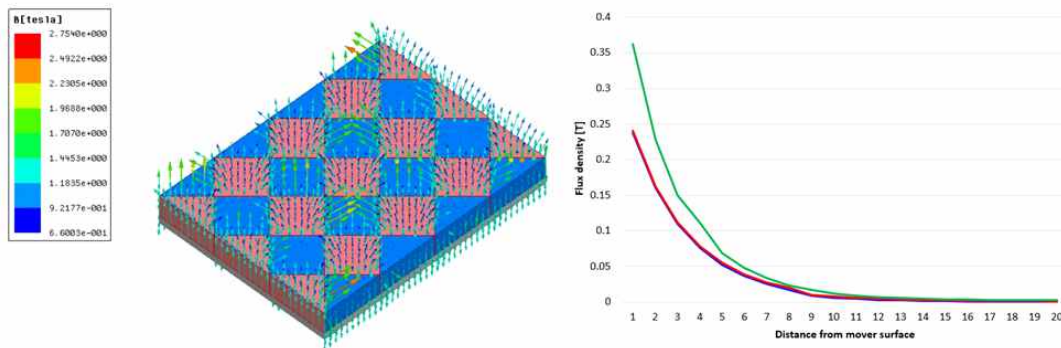
< 목적 함수와 제한 조건 >

- 평판형 자기부상 및 추진 구동부의 설계 최적화 프로세스 연구: MATLAB의 SQP 알고리즘을 이용



< A) 목적함수의 수렴과정, B) 설계 변수의 수렴과정, C) 제한조건의 수렴 과정 >

- 제작성 기반 최종 설계 검증: 실제 제작에 이용한 N52 자석의 물성치를 이용하여 자기장 해석, 제작 권선 높이인 11mm부터 자기선속밀도 증가가 포화

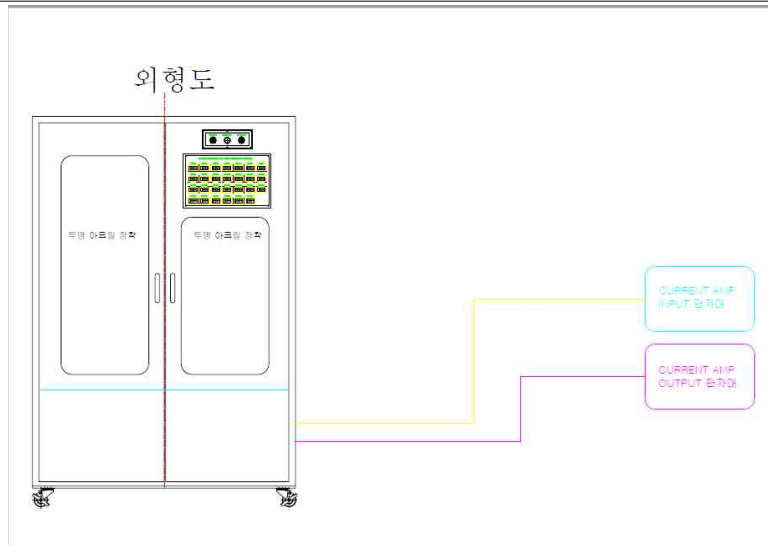


< 영구 자석 배열 위 자속의 평균값>

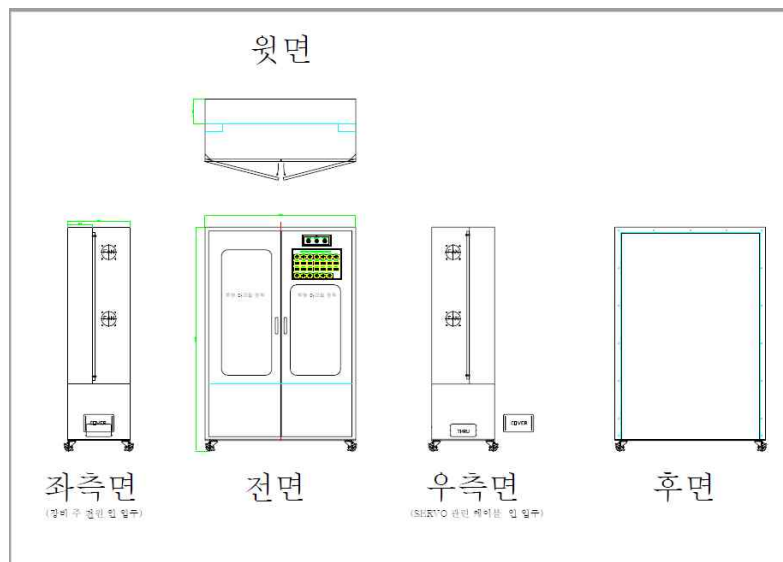
- 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 제작 및 시스템 셋업

- 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 H/W 및 전장 제작

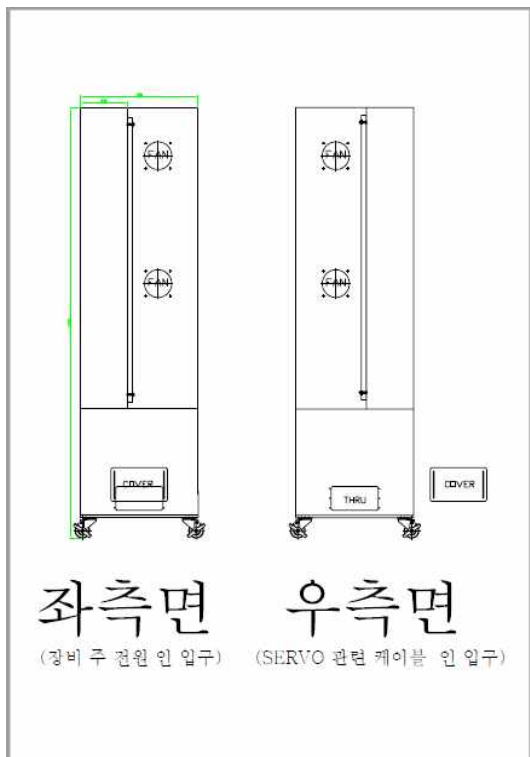
- 27개의 전류 디스플레이 모듈로 권선부 전류량 모니터링, Emergency stop 버튼 등 전장부 제작



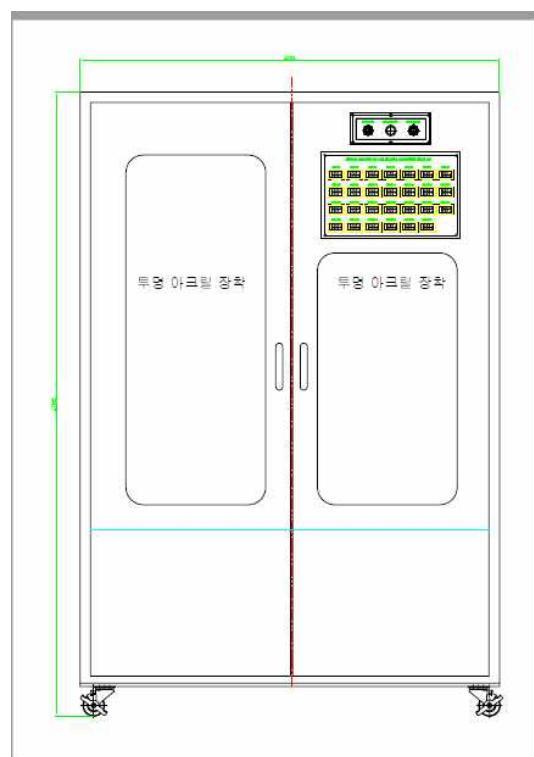
< 외형도 >



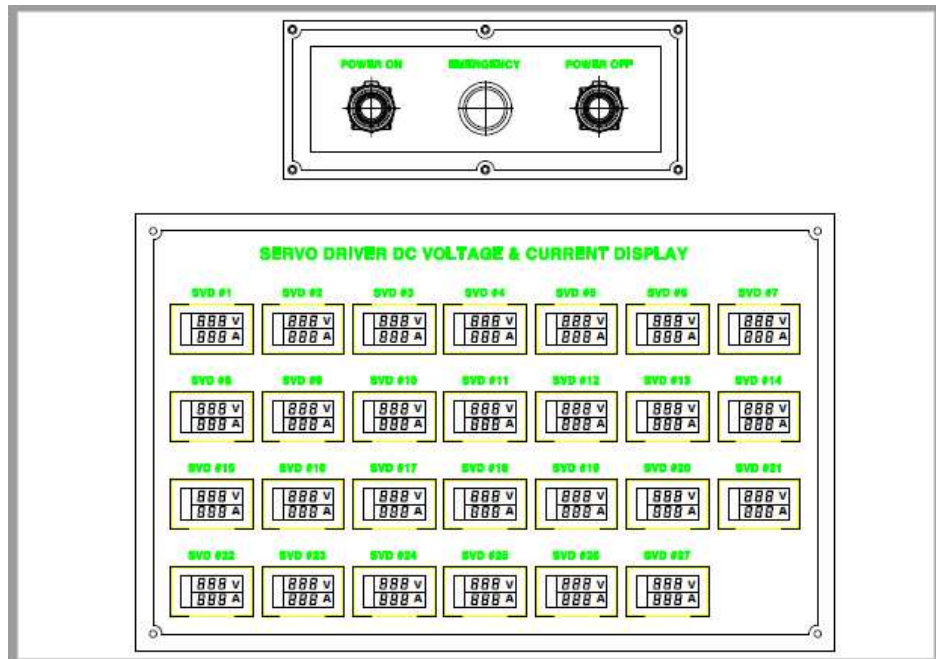
< 외형도 >



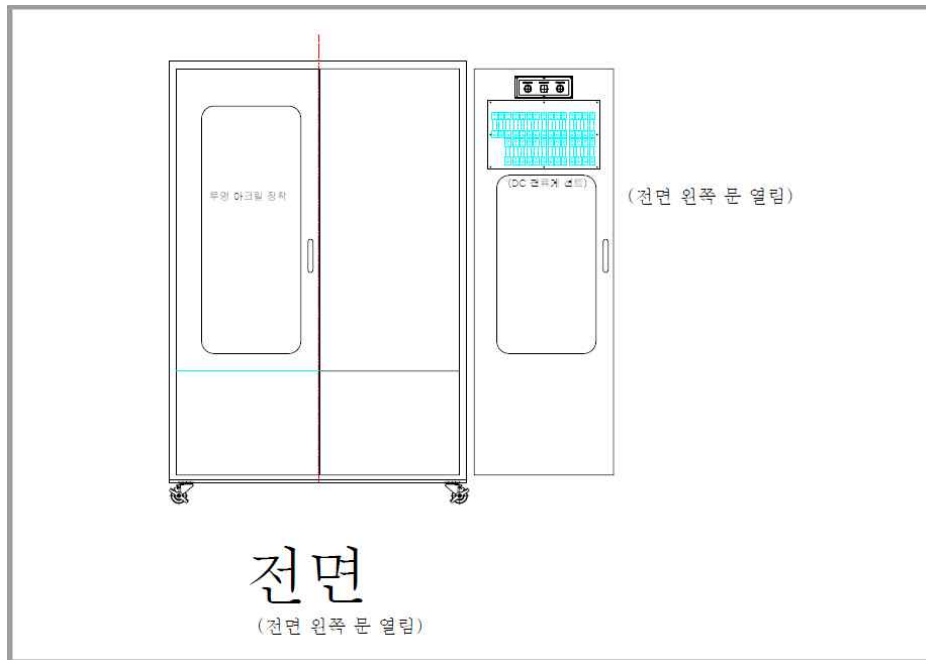
< 측면도 >



< 전면도 >

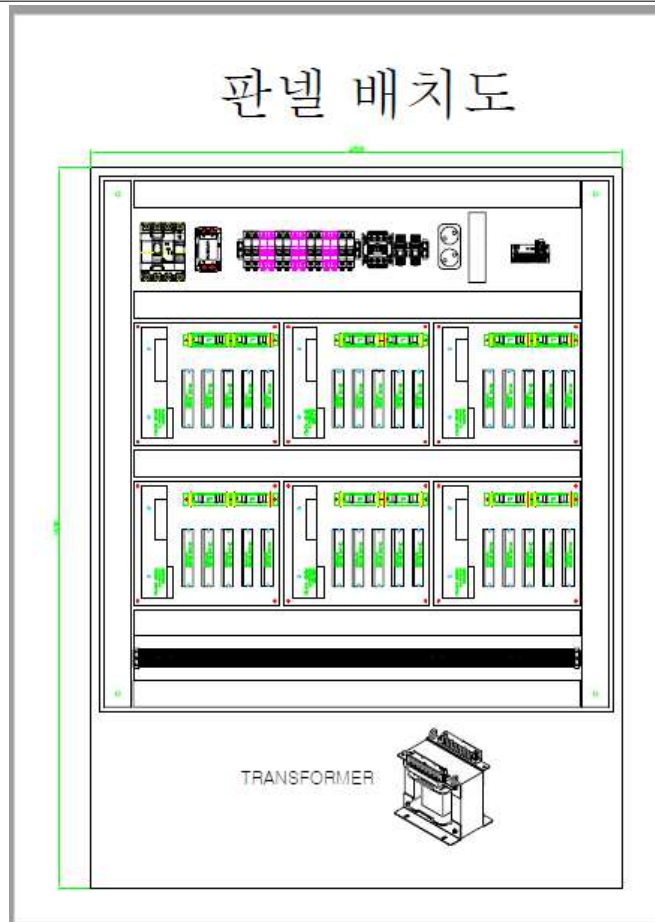


< 전면 디스플레이 >



전면
(전면 왼쪽 문 열림)

< 전면 Door 도면 >



< 판넬 배치도 >

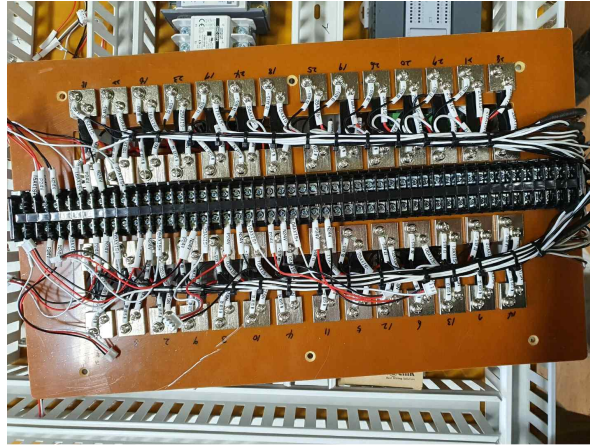


< 전장 외부 사진 >



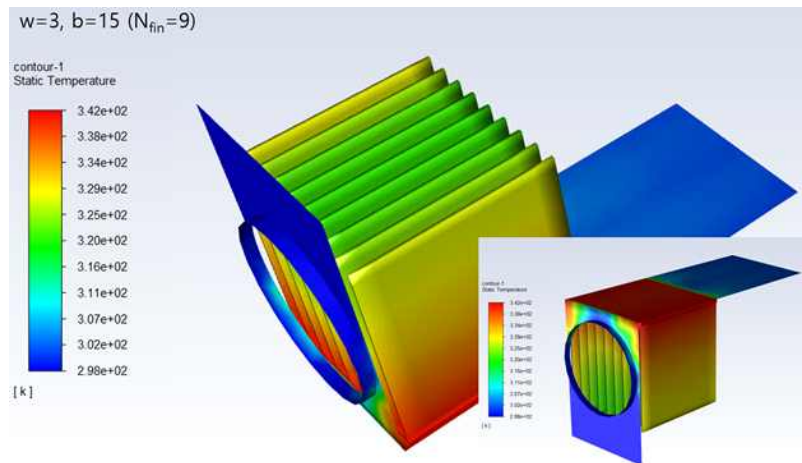
< 전장 내부 사진 >

- 코일과 전장 전류증폭기의 배선을 원활히 하기 위한 단자대 제작



< 단자대 사진 >

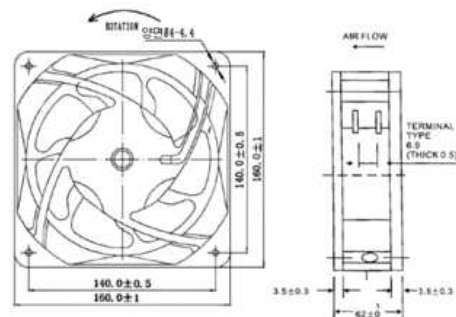
- 시뮬레이션 결과 3.89 m/s의 유속일 시 권선 온도 70도 이하를 확인하고 냉각팬을 선정 및 제작



< 열전달 면적에 따른 요구 유속 확인 >



- SIZE : 160 X 160 X 62mm
- AIR FLOW : 433/501m³/hr
255/295CFM
- NOISE : 54~59dBA
- IMPELLER MATERIAL : PBT Thermoplastic Black,UL94-V0
- FRAME : Aluminum Alloy
- TERMINALS : 0.5mm
- LEAD WIRE : 2 wire, AWG#22 UL 1015
- MOTOR : Capacitor Run Motor
- OPERATING TEMPERATURE : -10℃~+70℃



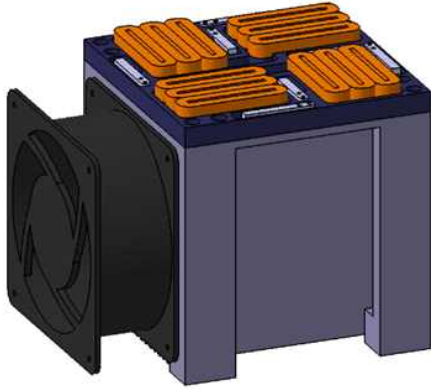
< 냉각팬 도면 >

- 전류 증폭기의 2 A/V 출력 이득 설정
- 드라이버 및 컨트롤러 기초 성능 평가

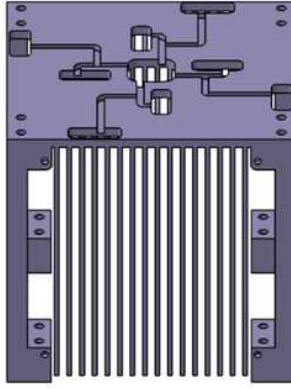
□ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 성능평가 시스템 구축

○ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 스위칭 알고리즘 적용 및 성능평가

- 구동용 전류증폭기, 파워공급모듈, 외함을 포함한 전장 시스템 제작 완료
- 권선 모듈 당 8개의 2축 hall sensor 배치 제작, 열해석에 기반한 권선 발열 에너지 방열팬/방열핀 제작

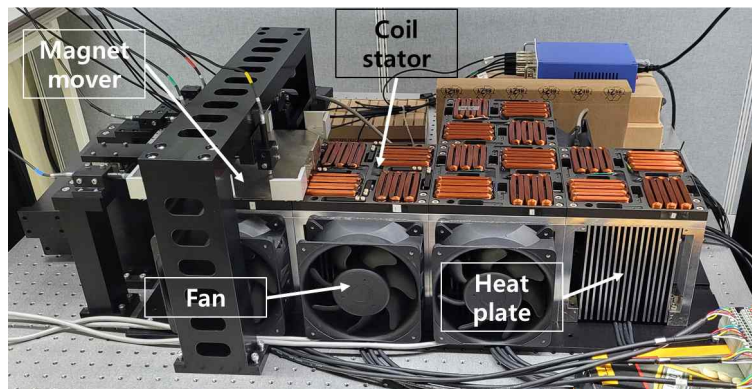


< 설계한 방열판의 3D Model >

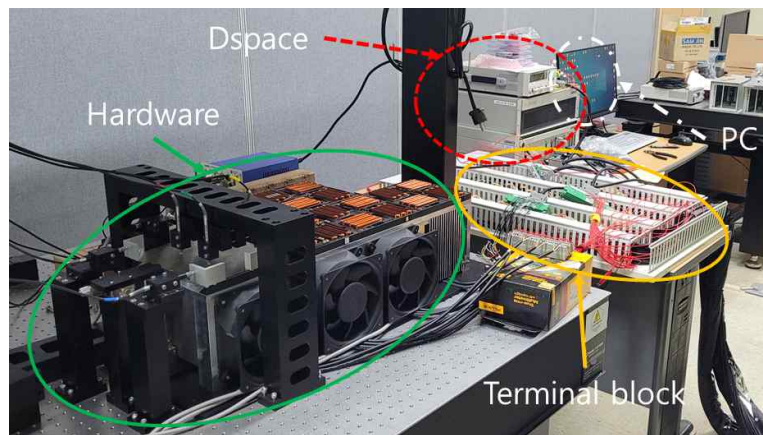


< 제작한 방열판 >

- 전류 증폭기/권선간 입력전류 제어 이득 튜닝 및 전기노이즈 저감 필터를 포함하여 4세트권선-방열판 모듈 5개를 이용하여 자기부상 이송 및 분류 시스템 구축 완료



< 최종 HW 제작품 결합 모습 >



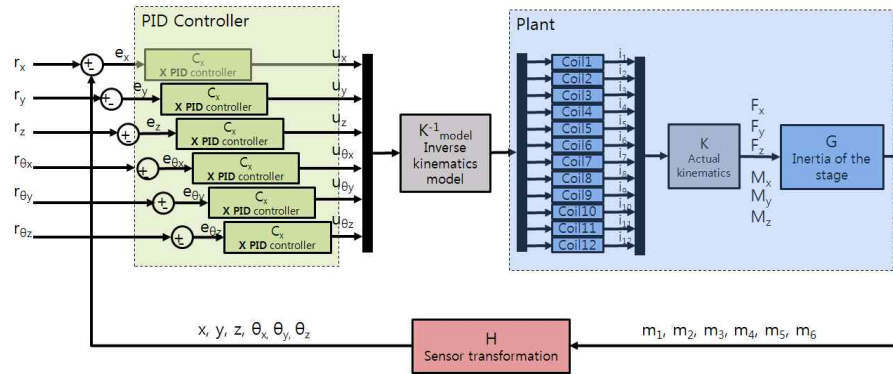
< 전체 실험 세팅 전경 >

- 2D hall sensor 이용 자기장 측정 시스템, 로드셀 이용 자기부상력 측정 시스템, LVDT 이용 위치제어 성능평가 시스템 구축 완료
- 제어 알고리즘 적용 자기부상 시스템의 위치제어/무게측정 성능 평가 완료

□ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 제어

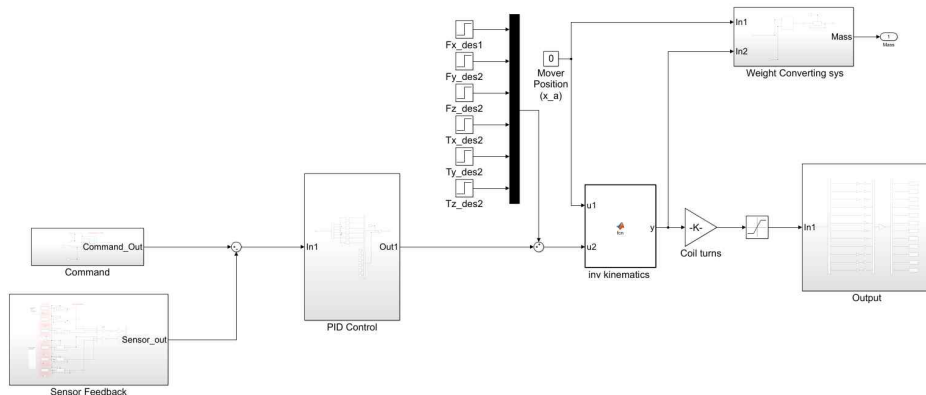
○ 평판형 자기부상 및 추진 구동 기술 개발

- 각각의 권선에 흐르는 전류를 인가하고 그 크기 제어하기 위해 PWM 전류증폭기 및 전력공급모듈 구성하여 활용, 이송체의 관성력, 부상력 및 역기전력을 모두 고려한 구동 기술 개발
- 플랜트 모델에 근거하여 MIMO 시스템을 각각이 독립적인 6개의 SISO 시스템으로 변환하여 PID 제어

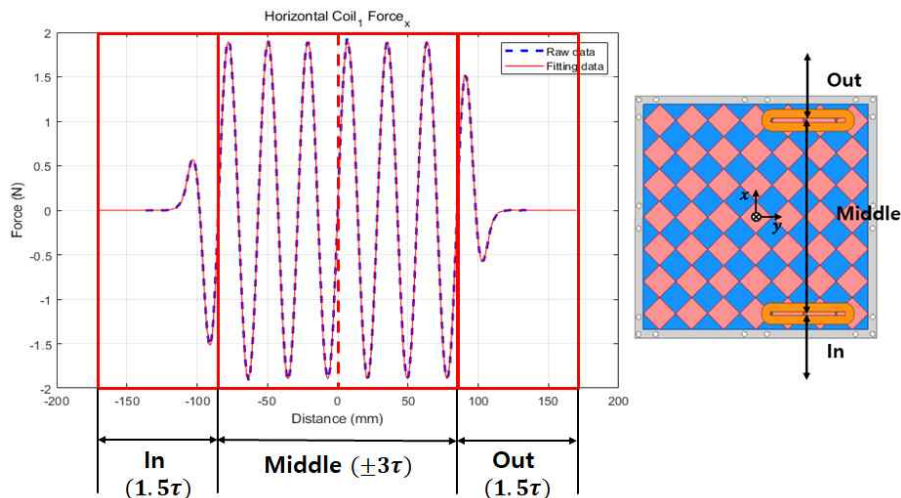


< 자기부상 이송 시스템 6자유도 제어 선도 >

- 권선 각각에 의한 힘과 cartesian 좌표계에서 이송체 모션 간의 변환 관계인 Pseudo inverse kinematics 실시간으로 계산하고, 센서 측정값과 이송체 모션 간의 변환 관계인 sensor transformation 또한 실시간으로 계산하는 알고리즘 개발



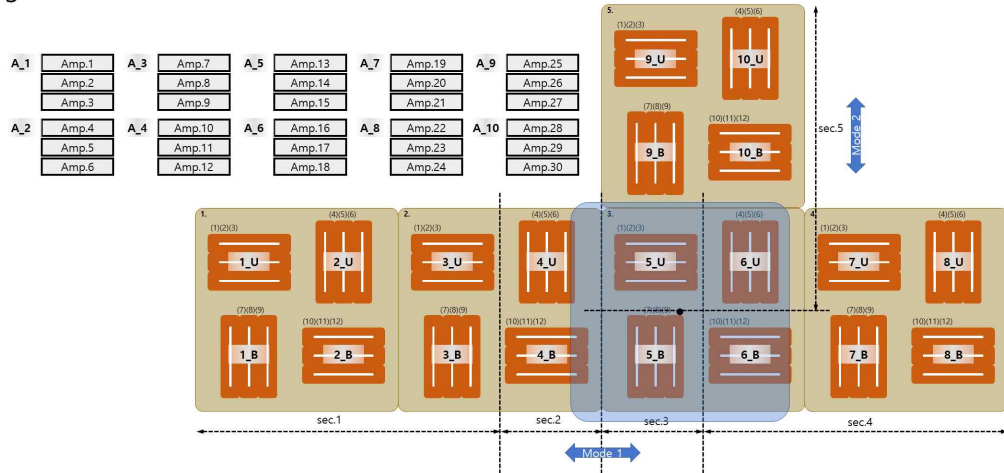
< Simulink 6자유도 모션 제어 알고리즘 >



< 실시간 계산을 위한 Kinematics 함수 fitting >

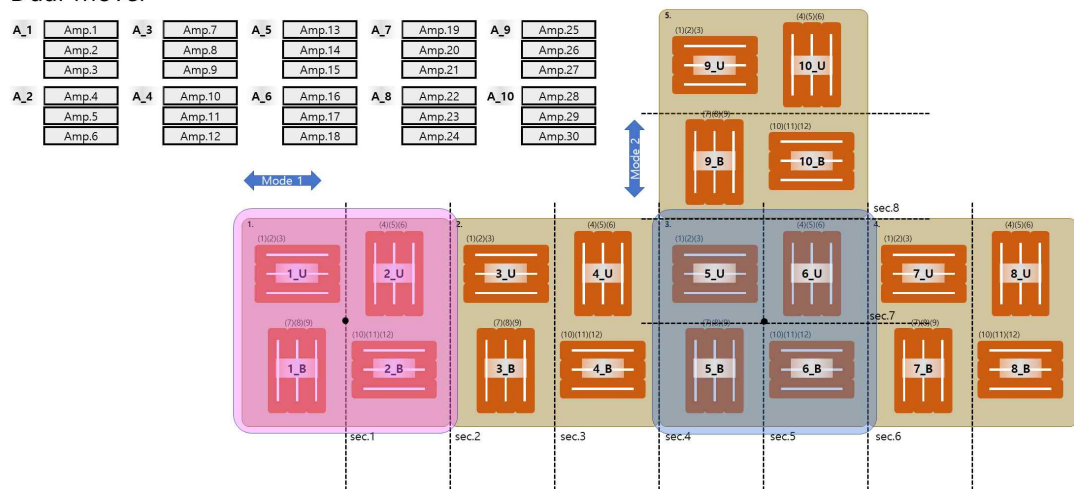
- 자기부상 이송 시스템의 공간적 확장에 따라 실제 이송체의 구동에 사용되지 않는 불필요한 권선부의 비율도 증가
- 모든 권선에 대해 전류증폭기와 전원공급모듈 구비는 비효율적으로 최소한으로 구비하고, 이동체의 구동력에 영향을 줄 수 권선에 대해서만 전류를 공급하는 스위칭 알고리즘 개발
- 자기부상 이동체의 개수 및 운용 방식에 따라 권선 모듈을 일정 section으로 구분하고, 이동체가 위치하는 section에 따라 권선 세트의 활성화/비활성화 스위칭 알고리즘 개발

Single mover

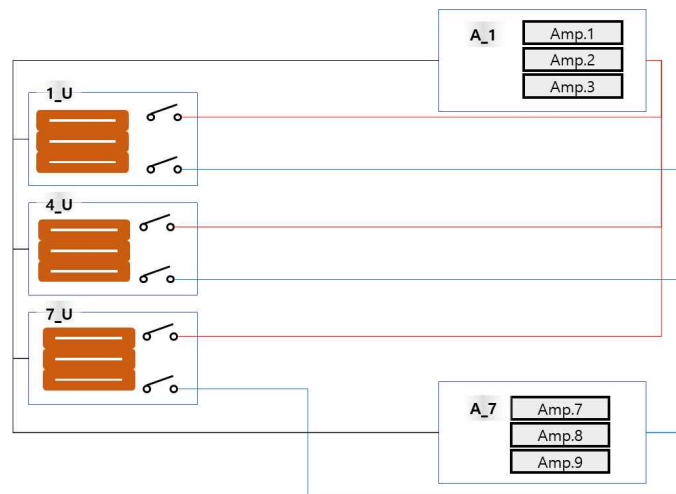


< 하나의 이송체 운용 시 >

Dual mover



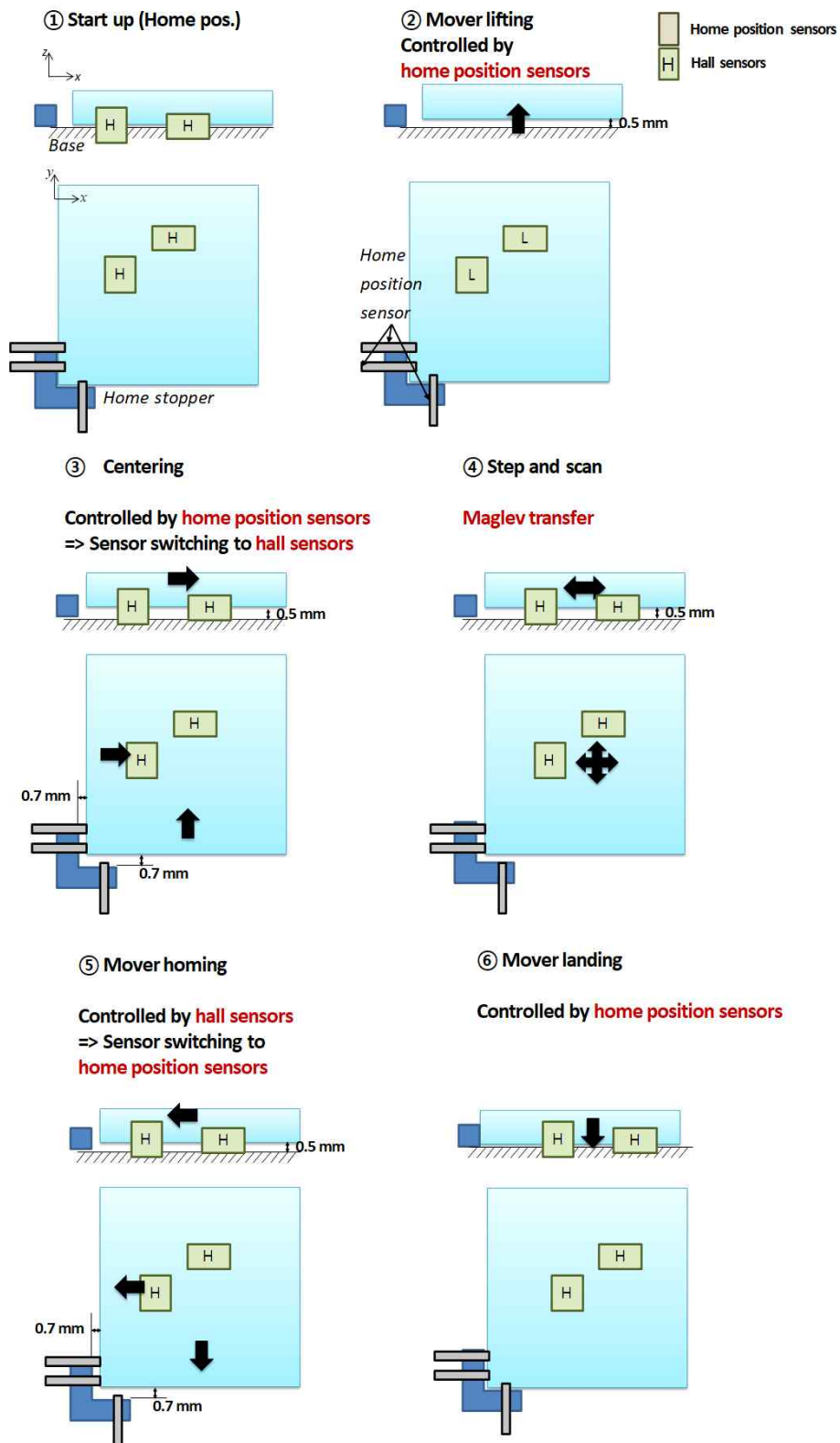
< 두개의 이송체 운용 시 >



< 권선 모듈 간 스위칭 예 >

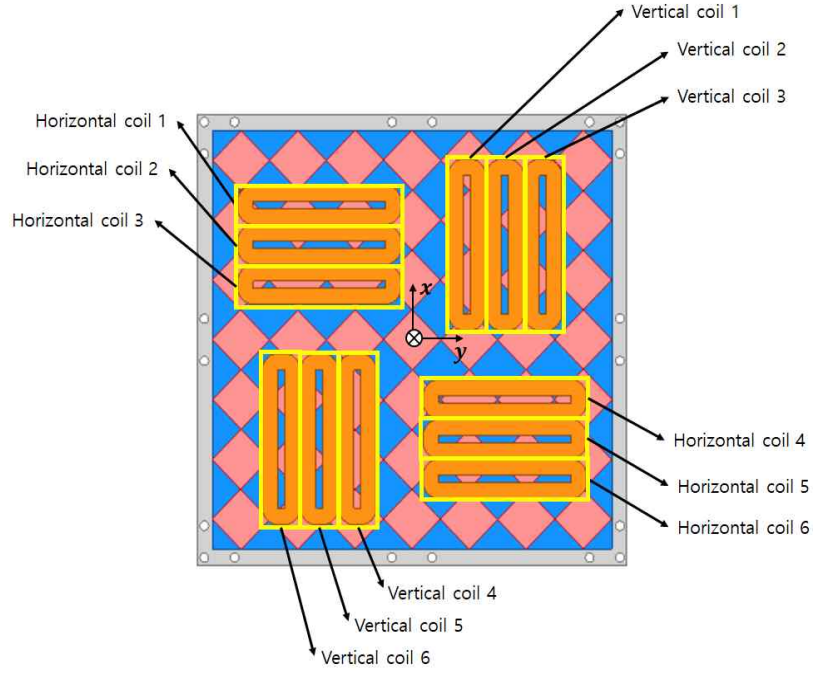
○ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 이송 제어 기술 개발

- 자기부상 이송 운동을 위해서는 초기의 부상 과정과 동작 종료 후 하강 과정 필요
- hard stopper에 의한 home position 상태에서부터 부상/하강에 사용하는 LVDT 등 로컬 센서를 사용하여 부상 및 센터링을 수행하고, 동작 후에 다시 초기 위치로 이동하여 하강하는 제어 시퀀스 개발



< 자기부상 이송체의 제어 시퀀스 >

- FEM 해석 기반 권선과 영구자석 배열 이송체의 6자유도 힘/토크와 전류 간 관계 분석

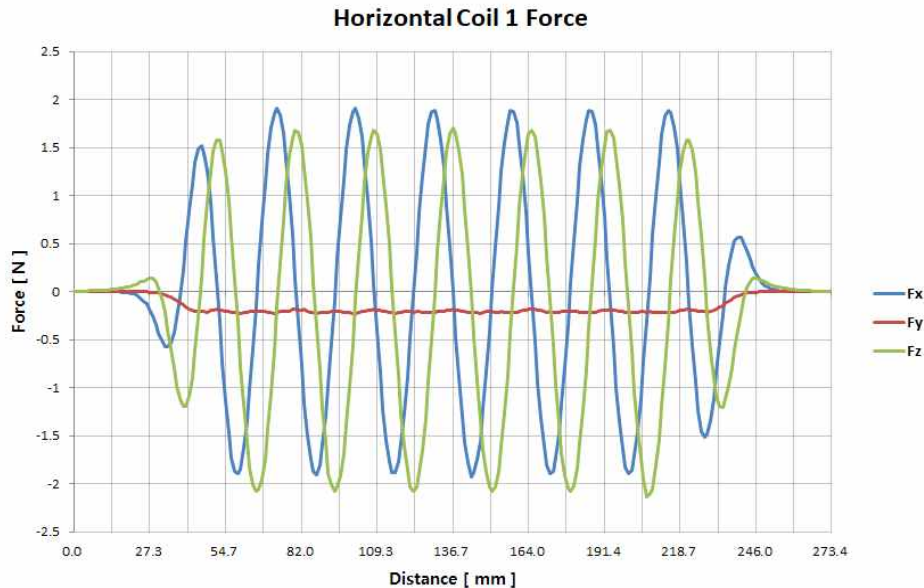


< Kinematics 변화 분석 모델 >

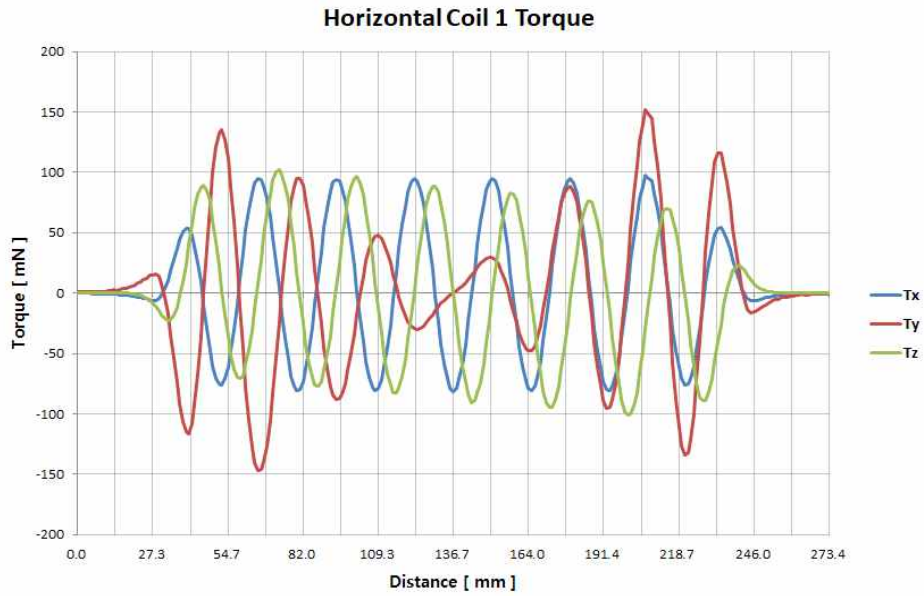
$$\bar{F} = \begin{bmatrix} F_x^c \\ F_y^c \\ F_z^c \\ M_x^c \\ M_y^c \\ M_z^c \end{bmatrix} = K \bar{i} = \begin{bmatrix} F_{x,1}(\bar{x}) & F_{x,2}(\bar{x}) & \dots & F_{x,12}(\bar{x}) \\ F_{y,1}(\bar{x}) & F_{y,2}(\bar{x}) & \dots & F_{y,12}(\bar{x}) \\ F_{z,1}(\bar{x}) & F_{z,2}(\bar{x}) & \dots & F_{z,12}(\bar{x}) \\ M_{x,1}(\bar{x}) & M_{x,2}(\bar{x}) & \dots & M_{x,12}(\bar{x}) \\ M_{y,1}(\bar{x}) & M_{y,2}(\bar{x}) & \dots & M_{y,12}(\bar{x}) \\ M_{z,1}(\bar{x}) & M_{z,2}(\bar{x}) & \dots & M_{z,12}(\bar{x}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ \vdots \\ i_{12} \end{bmatrix}$$

$$\min \|\vec{i}\|_2 = \|K^{-1}\vec{F}\|_2$$

- 권선과 영구자석 배열 이송체의 상대적인 위치에 따라 변화하는 단위 전류당 발생 힘/토크 분석



< Horizontal Coil 1의 x, y, z 방향 힘 >



< Horizontal Coil 1의 Theta x, y, z 방향 힘 >

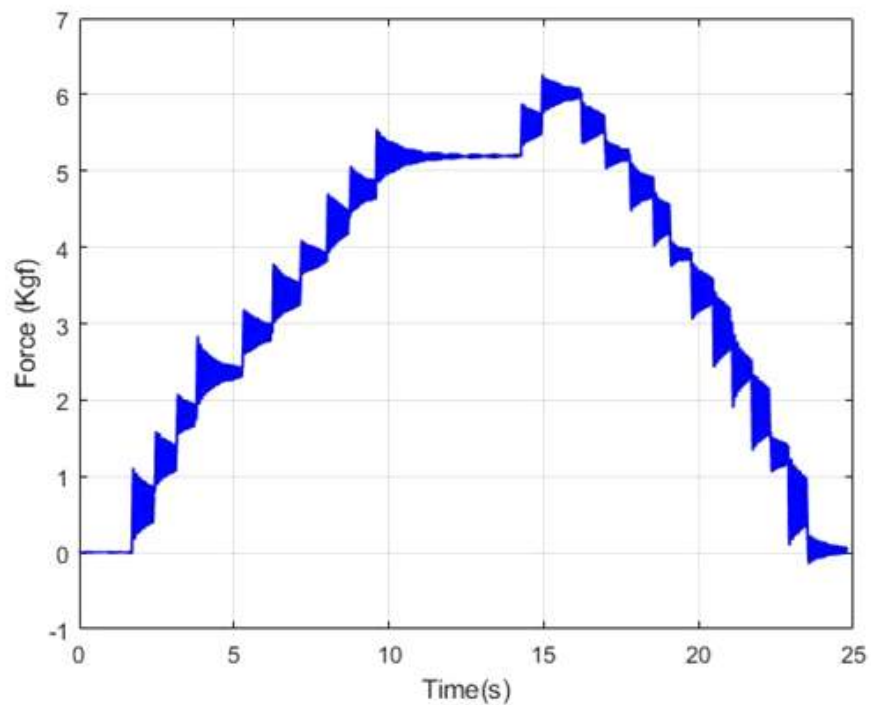
- 해석 데이터에 근거한 키네마틱스는 제작 오차 등에 기인한 부정확성을 가질 수 밖에 없어 이에 근거한 디커플링 및 SISO PID 제어 알고리즘은 불안정성 요소를 포함할 수 밖에 없는 알고리즘
- 시스템 불확실성 및 교란에 대한 견고성이 탁월한 시간지연 제어 기법을 적용하여 구현

(2) 정량적 연구개발성과

◦ 자기부상력 성능평가



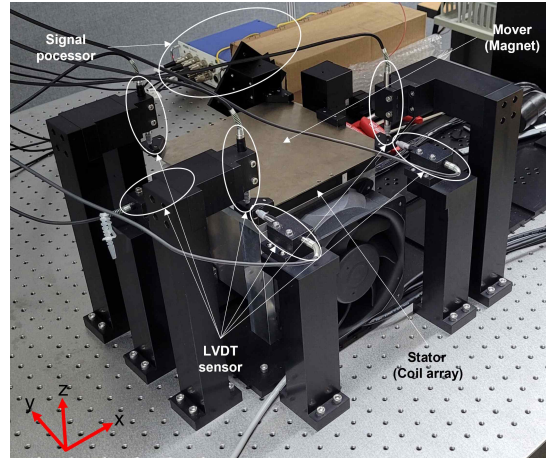
< 자기 부상력 측정 세팅 >



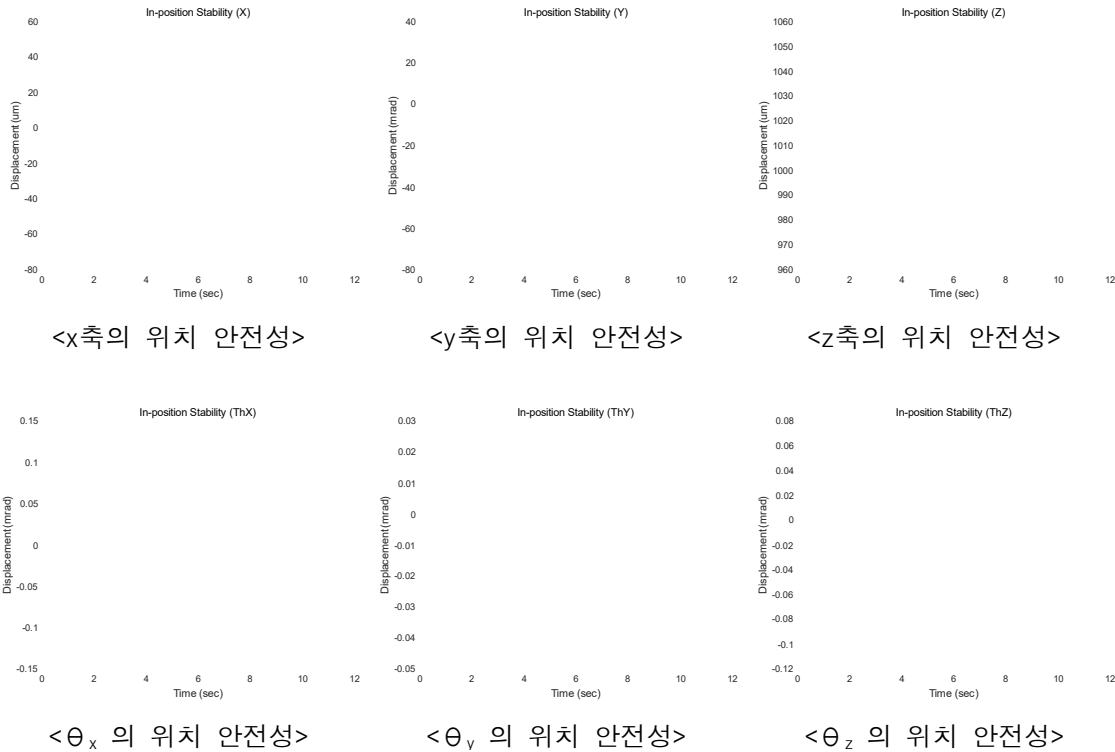
< 자기 부상력 실험 결과 >

– 위의 첫 번째 그림처럼 로드셀을 사용하여 자기 부상력을 측정하는 방법으로 성능 평가를 진행하였다. 그래프에서 볼 수 있듯이 0.5 kgf 의 간격으로 증가시키면서 6 kgf의 자기 부상력을 확인하였다.

1. 위치 정밀도



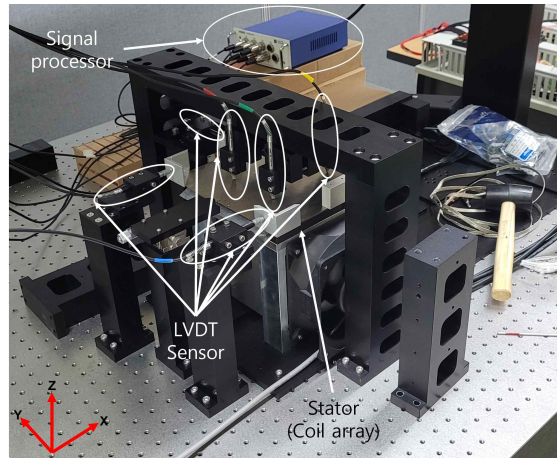
– 위의 그림과 같이 LVDT Sensor를 고정 후 자기 부상 이송체의 지그에 접촉시킨 후 권선에 전류를 인가하여 원점에서 1 mm 이송체를 부상시킨다. 이후 10초 동안의 LVDT Sensor output의 RMS 값과 3 sigma 값을 이용하여 위치 정밀도를 측정한다.



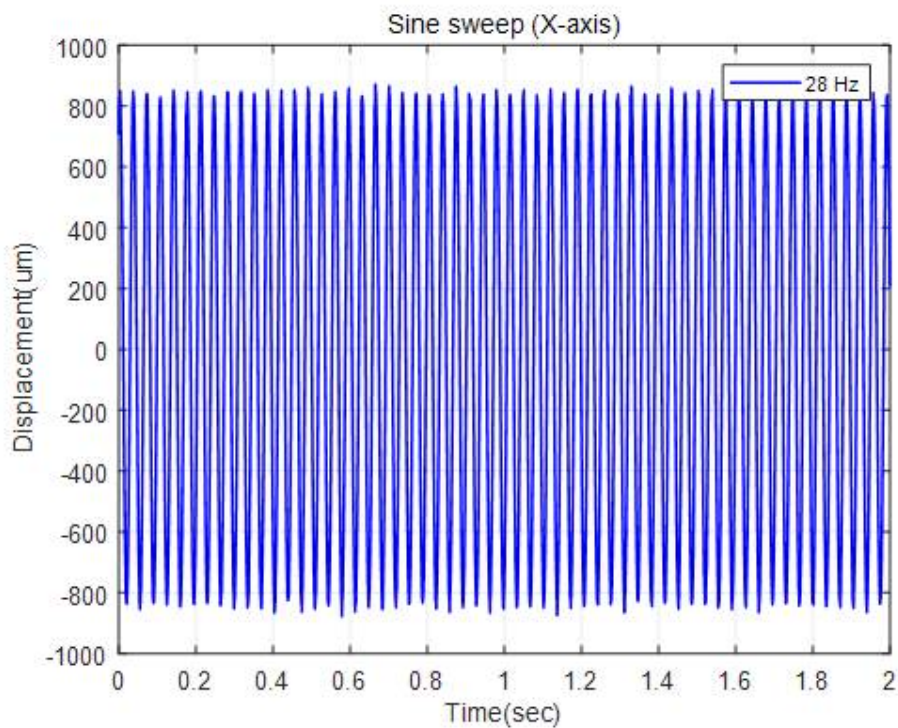
	x축	y축	z축	θ_x	θ_y	θ_z
RMS	± 7.4217	± 6.7365	± 7.1360	± 0.0347	± 0.0067	± 0.012
3σ	± 22.2658	± 20.21	± 21.4071	± 0.1041	± 0.0202	± 0.0359

<이송시스템의 위치 안전성>

2. 추진 가속도

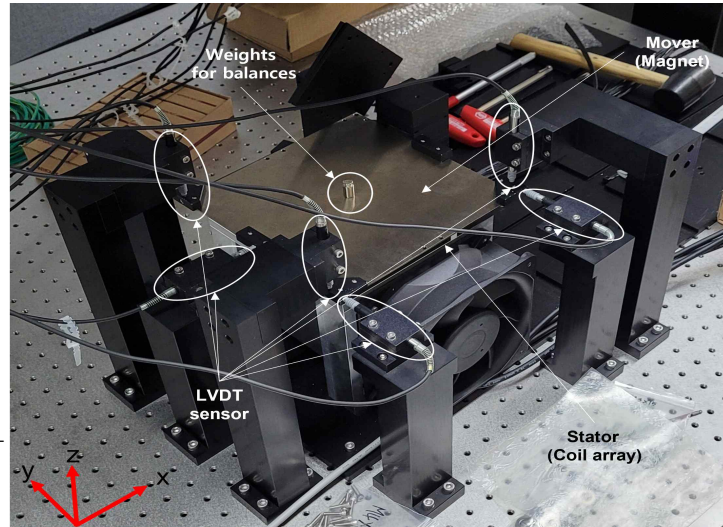


- 위의 그림과 같이 LVDT Sensor를 고정 후 자기 부상 이송체의 지그에 접촉시킨 후 고정자의 권선에 전류를 인가하여 이송체를 부상시킨다. 이송체를 28 Hz / 800 um Sine wave 로 진동하여 LVDT Sensor를 이용 추진 가속도를 측정한다.

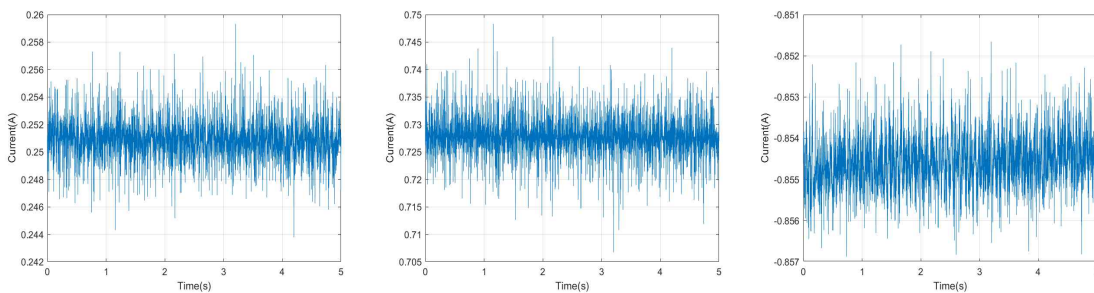


< 추진가속도 측정 실험 결과 >

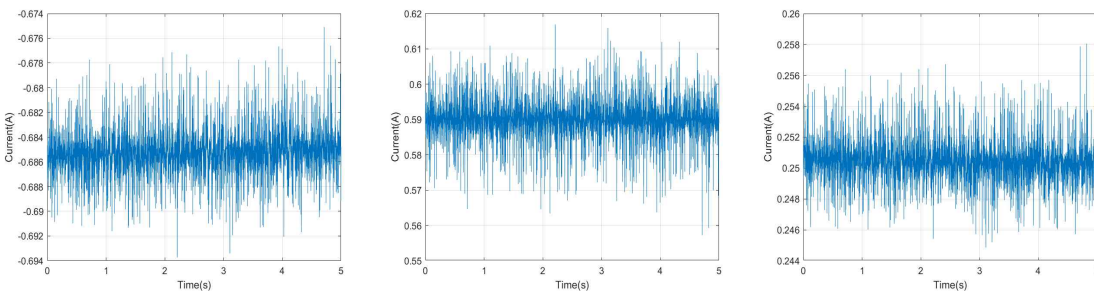
- 측정 결과 800 um 이상의 sine wave의 진폭과 28 Hz의 주파수로 진동하기 때문에, $acc = A\omega^2 = A(2\pi f)^2$ 로 가속도를 계산할 수 있다. 계산된 가속도는 24.76 m/s^2 의 가속도를 확인하였다.



– 위의 그림과 같이 시스템을 구성하고 이송체를 부상시킨 후 분동을 추가하여 각 코일에 변화하는 전류를 계산하여 무게를 측정한다. 이송체 위에 올라가는 분동의 무게는 100 g 이며, F1 등급의 무게 정확도를 가진 분동을 사용하였다.



<분동을 올리기 전의 코일의 전류 값>



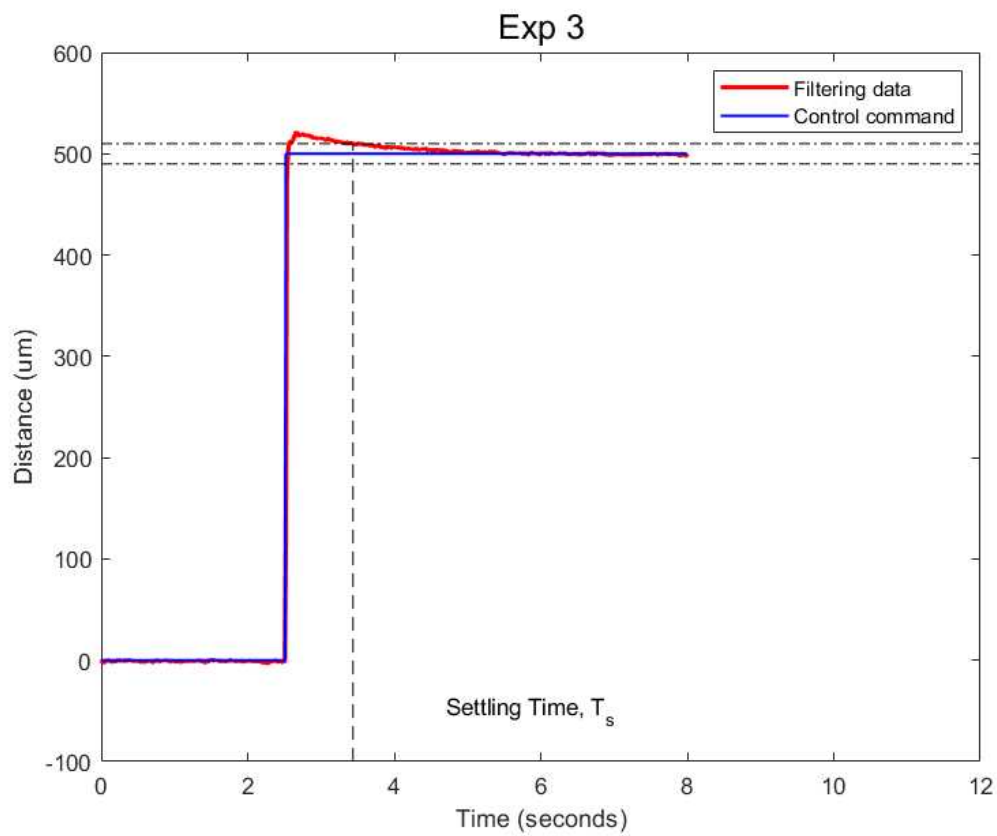
<분동이 올라간 후의 코일의 전류 값>

– 무게 측정은 5초 동안 인가한 전류의 평균을 무게로 변환하여 측정하였다. 100 g의 분동을 기준으로 평가를 수행하였으며, 5번 평가를 수행한 결과는 아래 표와 같다.

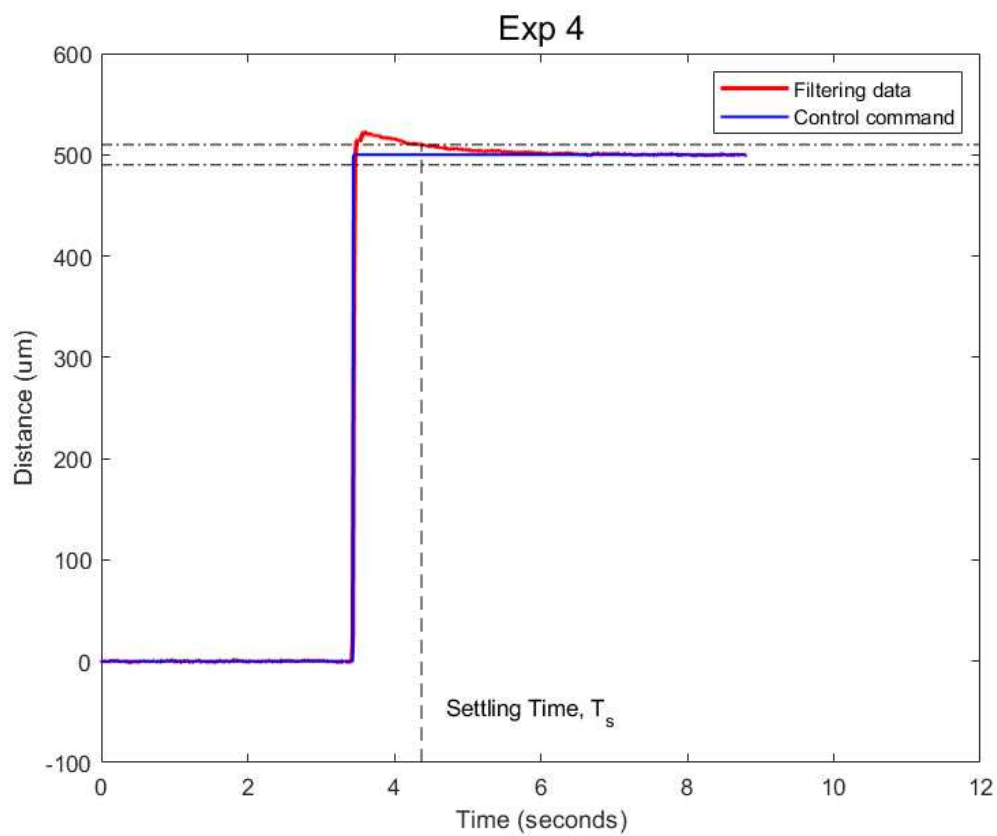
분동 명목값 (g)	측정값 (kg)					
	1회	2회	3회	4회	5회	RMS
100	0.105	0.108	0.107	0.106	0.107	0.0013

– 5회 측정 결과는 위와 같으며, RMS 1.3 g으로 무게 측정 정확도 1.3 g 성능을 확보하였다.

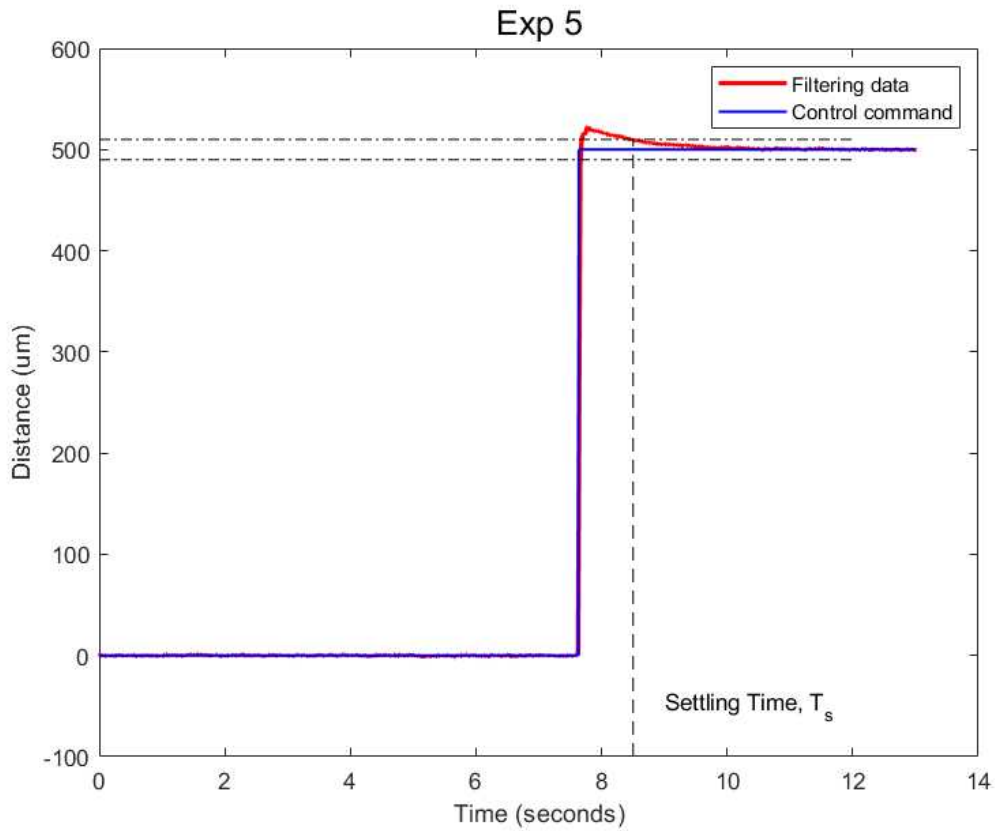
- 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 세틀링 시간 평가



< (a) 세틀링 시간 1번 실험 데이터 >



< (b) 세틀링 시간 2번 실험 데이터 >



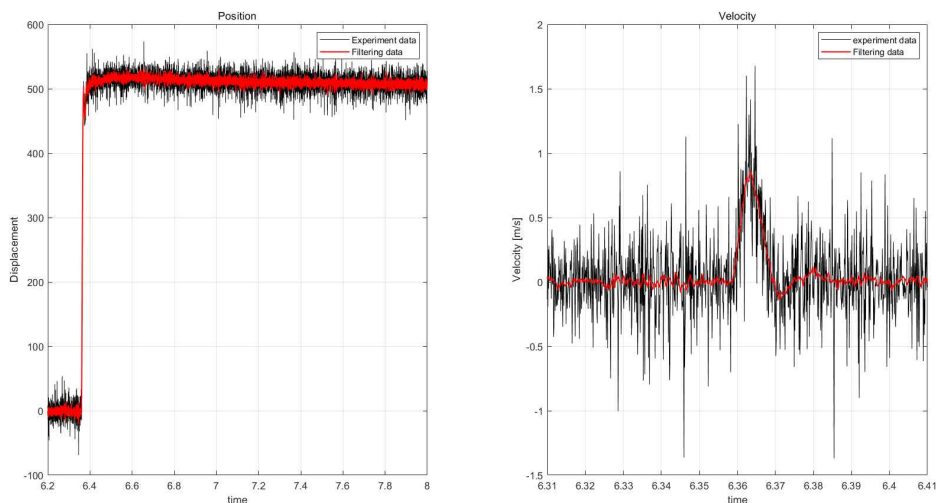
< (c) 세틀링 시간 3번 실험 데이터 >

< 세틀링 시간 >

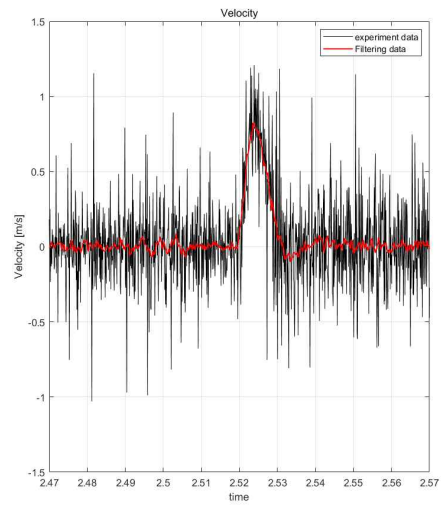
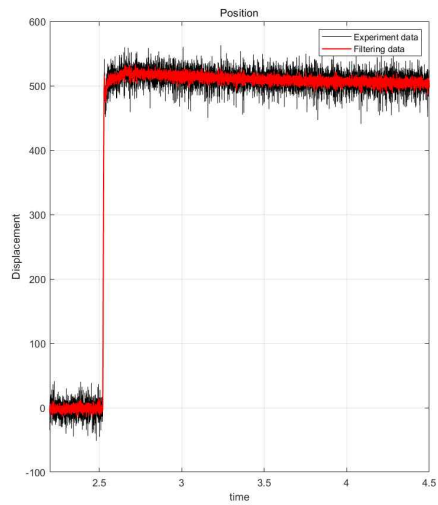
	Exp 1	Exp 2	Exp 3	Exp 4	Exp 5
Settling time, T_s	0.898	0.917	0.919	0.933	0.864

- 세틀링 시간 평가는 이송체가 500 μm 를 기준으로 평가하였으며, 500 μm 5회의 측정을 통하여 세틀링 시간의 평균값으로 평가하였다. 각 측정의 세틀링 시간은 위의 표에 표기하였으며, 평균적으로 0.9062s의 시간이 걸리는 것으로 평가되었다.

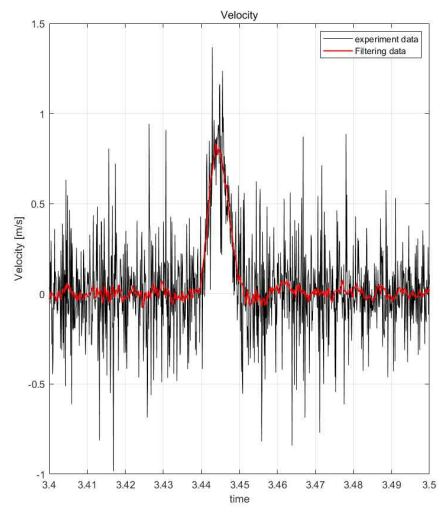
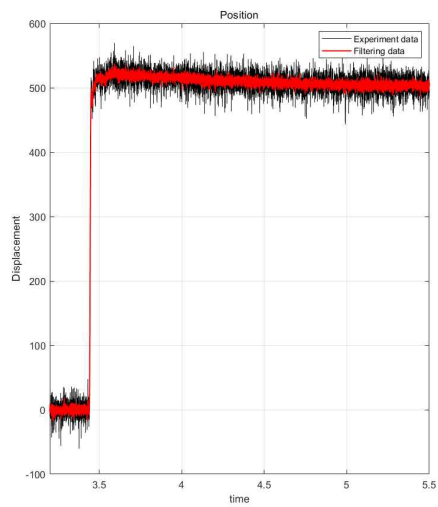
◦ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 최고속도 평가



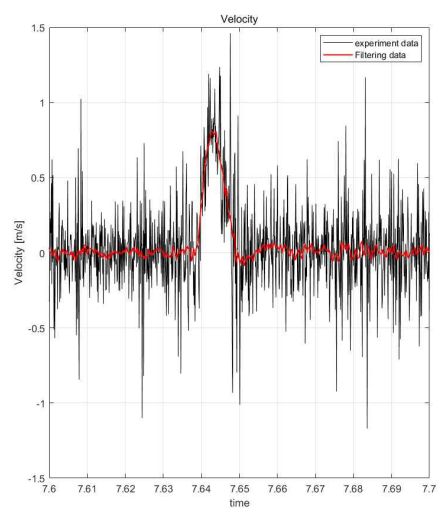
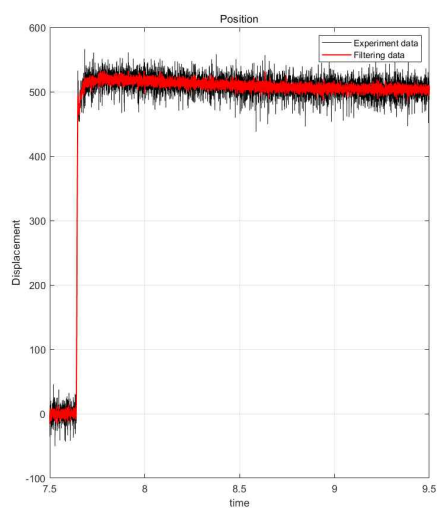
< (a) 속도 측정 1번 실험 데이터 >



< (b) 속도 측정 2번 실험 데이터 >



< (c) 속도 측정 3번 실험 데이터 >



< (d) 속도 측정 4번 실험 데이터 >

< 최고 속도값 >

	Exp 1	Exp 2	Exp 3	Exp 4	Exp 5
최고 속도	0.8472	0.8667	0.8246	0.8335	0.8089

- 최고 속도 평가는 이송체가 500 μm 를 기준으로 평가하였으며, 500 μm 5회 이동시켜 측정을 통하여 최고 속도값의 평균값으로 평가하였다. 각 측정의 최고 속도는 위의 표에 표기하였으며, 평균적으로 0.83618 m/s 의 최고 속도를 내는 것으로 평가되었다.

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

□ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	보이스코일모터를 이용한 초정밀 자기부상 스테이지	한국생산제 조학회지	안다훈	31	대한민국	한국생산제 조 학회	비SCIE	22.04.	2508-5093	50
2	요 모션 갠트리 제어 시 공기베어링 스테이지의 리플 보상	한국산학기 술학회지	안다훈	21	대한민국	한국산학기 술 학회	비SCIE	20.11.	1975-4701	100
3	자기부상용 Halbach 자석 배열을 이용한 선형 능동 자기 베어링의 최적설계	한국산학기 술학회지	이학준	22	대한민국	한국산학기 술 학회	비SCIE	21.01.	1975-4701	100
4	Development of Air Bearing Stage Using Flexure for Yaw Motion Compensation	Actuators	이학준	11	스위스	Multidisciplin ary Digital Publishing Institute	SCIE	22.03.	2076-0825	50
5	Optimal Design of the Electroadhesion Pad with a Dual-Insulating Layer for Climbing Robots	Actuators	정용진	11	스위스	Multidisciplin ary Digital Publishing Institute	SCIE	22.01.	2076-0825	50
6	Wafer Hybrid Bonding 정밀 정렬을 위한 θ_z 스테이지 설계 및 제어평가	반도체디스 플레이기술 학회지	문제욱	4	대한민국	반도체지스플 레이기술학회	비SCIE	21.12	1738-2270	100
7	Die to Wafer Hybrid Bonding을 위한 Flexure 적용 Bond head 개발	반도체디스 플레이기 술 학회지	장우제	4	대한민국	반도체지스플 레이기술학회	비SCIE	21.12	1738-2270	100

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표 내용	발표자	발표 일시	장소	국명
1	The 9th International Conference of Manufacturing Technology Engineers	Development of linear active magnetic bearing for magnetic levitation	이학준	2020.10.20	Online	대한민국
2	International Symposium on Precision Engineering and Sustainable Manufacturing (PRESM2021)	Development of 6 Degree of Freedom Roll-printing System using Magnetic Levitation	이학준	2021.07.21	Online	대한민국
3	한국정밀공학회 2021년도 추계학술대회	웨이퍼 레벨 하이브리드 본딩을 위한 초정밀 웨이퍼 Align/Attach 시스템 개발	이학준	2021.11.26	부산	대한민국
4	한국정밀공학회 2020년도 통합학술대회	자기부상을 위한 선형 할바흐 능동 자기베어링 개발	이학준	2020.09.14	Online	대한민국
5	한국반도체디스플레이 기술학회 2021 추계학술대회	웨이퍼 레벨 하이브리드 본딩을 위한 웨이퍼 정렬 및 Pre-bonding system 개발	이학준	2021.11.18	Online	대한민국
6	한국생산제조학회 2021년도 춘계학술대회	Wafer hybrid bonding을 위한 Piezo Tip/Tilt stage 제어	김태호	2021.07.08	강릉	대한민국
7	한국정밀공학회 2021년도 춘계학술대회	자기 부상 이송 시스템 설계	김재열	2021.05.12	Online	대한민국
8	한국정밀공학회 2021년도 추계학술대회	채터 저감을 위한 Active Workpiece Holder 설계 및 해석	조수제	2021.11.26	부산	대한민국
9	한국정밀공학회 2021년도 추계학술대회	Die to Wafer Hybrid Bonding을 위한 Flexure 적용 Bondhead 개발	장우제	2021.11.26	부산	대한민국

□ 기술 요약 정보

번호	연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용 여부	허용방식

□ 보고서 원문

번호	연도	보고서 명	발간일	등록 번호

□ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

번호	구분	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
				출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호		
	특허	반송물 특성 측정 가능한 반송장치	대한민국	서울과학기술대학교 산학협력단	2020.11.19	10-2020-0155702				100	부
	특허	회전 이동이 가능한 자기부상 기구	대한민국	서울과학기술대학교 산학협력단	2022.04.05	10-2020-0155702				100	부
	특허	회전 이동이 가능한 자기부상 기구	PCT	서울과학기술대학교 산학협력단	출원 진행 중					100	부
	특허	직선형 등동자기베어링	대한민국	한국생산기술연구원	2020.09.04	10-2020-0112878				100	부
	특허	선박 세척용 로봇	대한민국	한국생산기술연구원	2021.11.23	10-2021-0162667				100	부
	특허	다이 웨이퍼 사이의 다이렉트 본딩헤드, 이를 구비한 본딩장치, 시스템 및 그 방법	대한민국	한국생산기술연구원	2021.11.30	10-2021-0169421				100	부

○ 지식재산권 활용 유형

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	활용 예정	기타

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율
1	보이스코일 모터 설계 프로그램	2022.01.07	한국생산기술연구원	2022.04.08	C-2022-016294	한국생산기술연구원	100

□ 신기술 지정

번호	명칭	고시일	보호기간	지정번호

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증번호		

☐ 표준화

○ 국내표준

번호	인증구분	인증여부	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류	제안/인증일자

○ 국제표준

번호	표준화단계 구분	표준명	표준기구명	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식	제안자	표준화 번호	제안일자

[경제적 성과]

☐ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작업체명	설치장소	이용분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)

☐ 현장적용

번호	적용기술명	적용일	발주기관명	적용 연구개발기관명	적용현장명(장소)

☐ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료	
					발생 연도	발생액(천원)

☐ 사업화 투자실적

번호	연도	투자 자금 성격*	추가 연구개발 투자(천원)	설비 투자(천원)	기타 투자(천원)	합계(천원)

☐ 사업화 현황

번호	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		

☐ 매출 실적(누적)

번호	사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
			국내(천원)	국외(달러)		
합계						

☐ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과					
사업화 계획	사업화 소요기간(년)				
	소요예산(천원)				
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내			
		국외			
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획					
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
	수 출				

□ 고용 창출

번호	사업화명	사업화 업체명	고용창출 인원(명)		합계(명)
			yyyy년	yyyy년	
합계					

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	
		생산인력	
	개발 후	연구인력	
		생산인력	

□ 비용 절감(누적)

번호	사업화명	발생 연도	산정방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위 : 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수, 명)	기타
해당 연도							
기대 목표							

□ 산업 지원(기술지도)

번호	내용	기간	참석 대상	장소	인원(명)

☐ 기술 무역

(단위 : 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	총 계약액	기 징수액	해당 연도	징수액	향후 예정액	수출/수입

[사회적 성과]

☐ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

☐ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용

☐ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

☐ 신진연구자 채용

번호	채용 연구개발기관명	채용일	근로기간	채용인원(명)	채용인원 중 청년인력(명)

☐ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	연도	현황(명)										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타

☐ 산업 기술 인력 양성

번호	연도	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

☐ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	연도	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비(천원)

☐ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

☐ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일

☐ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

☐ 연구시설·장비

번호	구축 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)

[그 밖의 성과](해당 시 작성)

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성)

-
- 자기부상 요소기술로 해외 특허(PCT) 출원 진행 중
 - 회전이 자유로운 자기부상 기구
 - 전자기 구동기 기술을 이용하여 해외 SCI 논문 추가 게재중
 - Development of air bearing stage using flexure for yaw motion compensation
 - 자기부상 파생 기술 등 국내외 학술대회 발표 9건
 - Development of 6 degree of freedom roll-printng system using magnetic levitation 등
-

2) 목표 달성 수준

- 정성적 성과목표 달성도

연구개발목표	달성내용	달성도(%)
○ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 설계 기술 개발	○ FEM 해석 기반 자기부상 이송 시스템의 설계 기술 개발 완료	
- 목표 물류에 따른 SPEC 분석 및 선행 기술조사	- 독일 및 캐나다의 기술 선도 기업 및 다양한 형태의 평판형 자기부상 이송 시스템 기술 조사 완료	100%
- 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 개념 설계	- 전체 목표 성능에 기반하여 다상 코일 세트 및 자석 배열 형상 등의 토폴로지 검토 및 개념 설계 완료	100%
- 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 상세 설계	- 부상력과 추진력을 계산 기법에 기반하여 권선부 및 기구 프레임 설계를 완료하고 시제품의 상세 설계 완료	100%
- 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 전장 설계	- 전류증폭기, 전력공급모듈, 컨트롤러를 포함하여 자기부상 시스템 구동 제어를 위한 전장 설계 완료	100%
○ 자기부상 전류량 이용 물류 무게 인식 기술 개발	○ 자기부상 전류량 이용 물류 무게 인식 기술 개발 완료	
- 자기장 이용 무게 인식 기술 개발	- 동일 위치/가변 무게에 대해 위치제어를 수행할 때 발생하는 전류량으로 물체 무게 추정 기술 개발 완료	100%
- 자기부상 이송 및 분류시스템과 무게 인식 연동 기술 개발	- 전류량 이용 무게측정 개념을 이용, 위치에 따른 자석/전류 자기장 Mapping 무게 측정 알고리즘을 수립 완료	100%
○ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 설계 및 최적화	○ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 설계 및 최적화 기술 개발 완료	
- 평판형 자기부상 및 추진 구동부 설계 및 모델링 기술 개발	- 자기부상 및 추진 구동용 영구자석 및 권선 배열을 통해 전자기력 하모닉 모델, 전자계 및 냉각 시스템 열전달 모델 수입 완료 및 저중량·고강성 이송체 설계 완료	100%
- 평판형 자기부상 및 추진 구동부 3차원 해석 알고리즘 개발	- 이송체 영구자석 자기선속밀도, 전자계 및 냉각 시스템의 열전달, 이송 동체의 구조강성을 해석 완료	100%
- 평판형 자기부상 및 추진 구동부 최적화 설계 기술 개발	- 평면 모터의 힘 대 질량 비율을 최대화, 자기선속밀도 증가에 따른 포화 제한 등 설계 기술 개발 완료	100%
○ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 제작 및 시스템 셋업	○ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 시제품 제작 완료 및 전장 포함 성능평가 시스템 셋업 완료	
- 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 제작	- 전류증폭기 전류 디스플레이 등을 포함한 전장부 제작 및 드라이버와 컨트롤러 기초 성능 평가 완료	100%
- 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 셋업	- hall sensor 자기장 측정 시스템, 로드셀 이용 자기부상력 측정 시스템, LVDT 이용 위치제어 성능평가 시스템 구축 완료	100%
○ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 제어 및 성능평가	○ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 제어 및 성능평가 완료	
- 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 기초제어 및 성능평가	- 플랜트 모델에 근거하여 MIMO 시스템을 각각이 독립적인 6개의 SISO 시스템으로 변환하여 PID 제어	100%
- 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 스위칭 알고리즘 적용 및 성능평가	- 6 kgf의 자기 부상력, 25 um 이하의 3σ 위치 안전성, 24.76 m/s ² 의 가속도, 12.1 g의 무게 측정 정확도를 성능평가를 통해 측정 완료	100%
○ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 제어	○ 평판형 자기부상 및 추진 구동부 제어 기술 개발 완료	
- 평판형 자기부상 및 추진 구동 기술 개발	- Pseudo inverse kinematics 실시간으로 추정하고 계산하여 이송체 부상력 및 추진력 인가 기술 개발 완료	100%
- 평판형 자기부상 및 추진 구동부 이송 제어 기술 개발	- 이송체의 부상 및 센터링을 수행하고, 동작 후에 다시 초기 위치로 이동하여 하강하는 제어 시퀀스 개발 완료	100%

- 정량적 성과목표 달성도

구분		목표	달성도(%)	비고
국외 논문 게재	SCI	1	200%	2건, 1건 초과달성
	비SCI			
	계	1	200%	
국내 논문 게재	SCI			
	비SCI	5	100%	KCI 5건
	계	5	100%	
특허 출원	국내	4	100%	5건 출원완료, 1건 초과달성
	국외	1	0% (100%)	PCT 1건 진행 중
	계	5	80% (100%)	
특허 등록	국내	1	0%	2건 심사 진행 중 (8월중 등록 여부 결정)
	국외			
	계	1	0%	
인력 양성	석사	1	100%	22` 8월 졸업 예정
	박사			
	계	1	100%	
등록·기탁 대상 성과물	보고서 원문			
	연구시설·장비			
	기술요약정보			
	생명자원	생명정보		
		생물자원		
		신품종		
	소프트웨어		1	100%
화학물				
기타	시제품	3	100%	무게측정 테스트베드, 자기부상 이송시스템 기구부, 전장부
	성과 홍보			
	일자리 창출			

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

○ 해외 Beckhoff 시스템 대비, 이송 시스템 위치 오차 : 0.007 mm 로 기존의 0.15mm보다 고정밀 시스템 개발 달성, 선진 기술인 Beckhoff社 의 이송 시스템 오차는 0.15mm, 본 과제 시스템 개발 이송 시스템 오차는 0.007mm로 기존 선진기술과의 격차인 3년을 추격.

○ 이외 성능인 추진가속도는 20m/s^2 성능도 20.32m/s^2 으로 기존 선진기술을 추격하였으며, 자기부상력 역시 6kgf를 7.3kgf로 추격하였음

○ 본 과제 개발을 통하여 기존 선진기술과의 핵심적인 기술력은 모두 추격하였으며, 추가 무게 측정기술을 개발하여 선진기술과의 차별성을 제시, 무게 측정 정확도는 1.3 g 으로 세계최초로 자기부상 시스템의 무게 측정 정밀성 확보

○ 자기부상력 7.2 kgf로 기존 최고수준 6kgf 보다 높은 부상력 확보

○ SCI 논문 게재 2편, KCI 논문 게재 5편, 특허 출원 5건, S/W 등록 1건 등 자기부상 기술 관련 학술적인 기여

6. 연구개발성과 관리 및 활용 계획

○ 스마트 물류센터를 위한 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 핵심 기술은 향후 범용성이 높아 물류센터 뿐 아니라 다양한 생산 현장의 물류이동 등 범위가 확대될 것으로 예상되는 기술임

◦ 상용화를 고려한 저비용의 자기 부상 이송체 구동 및 제어 기술로 향후 적용 범위의 확대와 기술수요의 증가를 고려하여 고도화 및 기술자립이 가능하도록 추진

◦ 본 과제에서 개발한 핵심기술을 이용하여 추후 기업과 상용화를 위한 과제로 확대하여 현장적용에 발생할 수 있는 애로사항들을 해결한 후 빠른 상용화를 이룰 수 있도록 할 예정

◦ 추후 기업과의 상용화 과정을 통해 기술이전 및 사업화를 수행할 예정이며, 이를 통해 물류 자동화의 분류 시스템 중 하나로 신산업창출 가능

◦ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템은 이송을 위한 이송체와 분류 공간을 고려한 평판 라인으로 모듈화하여 제품을 구성할 예정이며 이를 통해 다양한 공간에 적용 가능

◦ 본 과제에서는 추후 다양한 공간에 대한 적용을 고려하여 여러 적용공간에 따른 특허장벽을 구성하고, 핵심특허에 관한 특허를 출원하여 자기부상 다중 병렬 이송 시스템의 특허 포트폴리오를 구성할 예정

○ 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템의 설계 기술 및 제어 기술은 기술개발 과정에서 기술 검증자료를 확보하고 후속 상용화 과제를 수행 후 중소기업에 기술이전 예정

◦ 주관 기관으로 활동하는 한국생산기술연구소는 산업 현장의 실질적인 문제를 잘 파악하고 있으며, 다양한 중소기업에 파악하고 있으므로 본 연구의 개발 기업 및 수요 기업을 발굴하고 현장 테스트 가능성 여부를 검토하고, 개발될 시스템에 다양한 현장의 요구가 반영될 수 있도록 하여 완제품으로서의 품질을 높이는데 기여

◦ 본 과제를 통해 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템의 Test-Bed 모듈이 제작되고, 이를 다양한 개발 및 수요기업에 간담회를 통해 실용성을 검증 후 본 연구소 파트너기업들 중 업종이 비슷한 업체에 홍보하여 사업화를 추진 예정

◦ 본 과제에서 연구한 시스템의 가장 큰 장점은 자기부상을 이용하여 비접촉 방식으로 구동하면서, 자유로운 이동경로의 설정이 가능함. 따라서 비접촉 방식으로 인해 무마찰 및 마모가 없는 장점을 활용하여 청정환경 또는 진공환경이 요구되는 공정에 사용 가능성이 높음. 따라서 반도체, 디스플레이 등 첨단 산업과 함께 청정 환경이 요구되는 제약 및 식품 제조 공정 등에 대해 추가적인 연구 개발 기획을 및 사업 아이템

발굴을 진행할 필요가 있음.

○ 연구성과물의 보완 계획: 안전성 및 신뢰성

◦ 자기부상 시스템의 특성상 Fail-safe 기능이 매우 중요함, Fail을 유발할 수 있는 다양한 요인 및 fail 발생 및 시스템 변화에 대한 시나리오를 수립하여 fail-safe 기능을 보완하는 것이 필요. 대표적으로 전류증폭기, 파워서플라이, 센서 등 많은 전기 및 전자 장치들의 신호 이탈 및 전원 미공급 등이 발생할 수 있으며, 이 경우 자기부상체가 안전하게 제 자리를 유지하거나 최소한 현재 위치에서 바닥에 착륙할 수 있도록 하는 것이 필요함. 또한 정지 후 재기동 시 제어 순서 또한 확보가 필요함

◦ 평판형 자기부상 시스템의 특성상 대량의 전류증폭기가 사용되어, 저가형의 전류증폭기는 pwm 형식으로 전기적인 노이즈가 큰 단점이 있음. 이러한 noise 신호가 센서 신호 등을 교란하지 않도록 전장의 신뢰성 향상이 필요하며, 노이즈 신호의 차단이나 저감을 위해 필터의 사용을 포함한 다양한 방법의 적용과 그 결과에 대한 연구가 추가적으로 필요함

○ 기술적 측면

- 스마트 물류센터를 위한 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 핵심 기술 개발에 따라 물류 센터 전반과 생산라인의 물류 이동에 관한 모든 요소 기술의 성장이 가능하며, 이로 인해 국가 생산성 증대를 가져올 것으로 예상

- 전류량을 이용한 무게 측정 기술은 무게로 상품을 분류하기 위한 생산라인 및 물류라인 전반에 적용이 가능한 기술로 소형 모듈화로 기존의 장비에 부착 가능하게 기술 개발될 것으로 예상됨. 코일과 자석만을 이용한 소형 모듈로 비용이 저렴하여 생산라인의 다양한 곳에 적용 가능할 것으로 예상

- 전류량을 이용한 무게 측정 기술은 10g 이하의 무게 측정 정확도를 가지게 개발 될 것으로 예상되어 시약과 같은 극소형 물류 및 생산라인의 무게 측정에도 적용 가능하여 제품의 신뢰성이 높아질 것으로 기대

○ 경제적·산업적 측면

- 대부분 수입에 의존하고 있는 국내 물류 자동화 설비에 대해 수입대체가 가능하며, 저가형 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 개발로 물류 자동화 장비 수출 경쟁력을 강화할 것으로 기대

- 해외 자기부상 물류 시스템도 고비용에 따른 상용화에 어려움이 존재하고 있으므로, 저렴한 비용으로 개발하여 세계적인 신시장 창출 효과를 기대

- 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 핵심 기술 개발로 물류 산업 및 제조업의 생산성 증대를 가져와 제조업 기반의 국내 기업들의 생산성을 증대할 것으로 예상

- 기존의 일본산 부품을 사용하는 물류 자동화 장비의 국산화로 타국의 수출규제에 대응할수 있는 국가 경쟁력을 확보할 것으로 기대

○ 사회적 측면

- 물류 자동화 설비는 현재 대부분 수입에 의존하고 있는 실정으로 무역적자 유발 요인 품목이라 할 수 있으며, 원천기술은 있으나 전문기업이 없어 국제 경쟁력 있는 제품이 없음. 따라서 기술 개발을 통하여 전문 기업을 육성한다면 지식기반산업으로 발전 가능성이 매우 큼

- 전문기업이 없기 때문에 대규모 민간 자본 참여가 매우 어려운 실정임. 물류 자동화 산업은 앞으로 세계적으로 고성장이 기대되는 산업으로 기반기술의 정부차원의 전략적 투자가 절실히 요청

- 신시장 창출을 통하여 전문인력 양성 및 전문 기술인력의 고용 증대 효과를 이룰 수 있어 일자리 창출에 기여할 것으로 기대

< 별첨 >

별첨 자료

1. 별첨보고서(연구개발 상세 내용 포함)
2. 총 연구개발기간 성과점검기준표 및 증빙자료
3. 세부 정량적 연구개발성과 증빙자료(시험성적서, 도면 등)

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업 ‘스마트 물류센터를 위한 자기부상 다중 병렬 이송 및 분류 시스템 핵심 기술 개발’ 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.