국외출장계획서

<table>
<tr><td>구 분</td><td colspan="6">내 역</td></tr>
<tr><td rowspan="2">출장자</td><td rowspan="2">소속</td><td>물류·해사산업연구본부</td><td rowspan="2">성명</td><td>서정용</td><td rowspan="2">직급</td><td>부연구위원</td></tr>
<tr><td>항만연구본부</td><td>이화섭</td><td>전문연구원</td></tr>
<tr><td>출장목적
(중복선택
가능)</td><td colspan="6">■ 현지조사(현장, 전문가 회의) □ 국제행사 주최 ■ 국제행사 참가
□ 국제회의(정부대표단) 참석 □ 세미나, 교육, 훈련 □ 기타 ( )</td></tr>
<tr><td>관련사업
(예산항목)</td><td colspan="6">❍ 출장목적 : 타이어형 항만크레인(ARTGC: Automated Rubber-tyred Gantry Crane) 자동화 및 화물적재·이송 기술 관련 국외 최신 기술 동향 조사
- 과제 참여 기관(본원, 한국항공대학교, 스마트항만, 사이버로지텍)과의 공동 현지조사로 ARTGC의 컨테이너 처리, 작업계획, 터미널 운영시스템(TOS) 연계 및 사업화 방안 등 과제 전반에 걸친 관련 기술 및 진행 방향 검토

❍ 관련사업
-「타이어형 항만크레인 적용 자동화 및 안전모듈 개발」(R&D)
(총사업기간 : 2022.04.01. ~ 2025.12.31.)
(2차년도 사업기간 : 2023.01.01. ~ 2023.12.31.)</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">사업 계획 상 예산 반영 여부</td><td colspan="3">■ 반영 □ 출장지 대체 □ 해당없음(수탁)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">공무
항공마일리지
활용계획</td><td>성명</td><td>보유 마일리지</td><td colspan="2">활용계획</td><td colspan="2">미활용 사유</td></tr>
<tr><td>서정용</td><td>20,432</td><td colspan="2">미활용</td><td colspan="2">마일리지 부족</td></tr>
<tr><td>이화섭</td><td>12,376</td><td colspan="2">미활용</td><td colspan="2">마일리지 부족</td></tr>
<tr><td>출장기간</td><td colspan="2">2023.10.22(일) ~ 2023.10.28(토)
(5박 7일)</td><td colspan="2">출장지</td><td colspan="2">네덜란드
(암스테르담, 로테르담 등)</td></tr>
<tr><td rowspan="5">출장일정</td><td>일자</td><td>방문지</td><td colspan="2">주요업무*</td><td colspan="2">항공편</td></tr>
<tr><td>10.22(일)</td><td>부산(08:05) →
인천(12:05) →
암스테르담(18:55)</td><td colspan="2">- 항공 이동/내부 연구진 회의</td><td colspan="2">KE1410(08:05~09:10)
KE925(12:05~18:55)
기내 2식 차감</td></tr>
<tr><td>10.23(월)</td><td>VDL
(브레다, 네덜란드)</td><td colspan="2">- VDL Automated Vehicles 방문
· AGV 개발 관련 관계자 인터뷰</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>10.24(화)</td><td>Parcel+PostExpo 2023
(암스테르담, 네덜란드)</td><td colspan="2">- Parcel+Post Expo 2023 참석
· 최신 항만 자동화 기술 동향 조사</td><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td>10.25(수)</td><td>Euromax, BTG
(로테르담, 네덜란드)</td><td colspan="2">- Euromax 터미널 방문
· 야드크레인 및 AGV 기술 적용 현장 조사
- BTG(트랜스폰더 제작사) 방문</td><td colspan="2">-</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="4"></td><td></td><td></td><td>· 최신 트랜스폰더 기술 및 자율 주행 기술 조사</td><td></td></tr>
<tr><td>10.26(목)</td><td>Portwise
(리즈윅, 네덜란드)</td><td>- Portwise 방문(TBA 계열사)
· 자동화 항만 운영 관련 AI 및 시뮬레이션 기술 조사</td><td>-</td></tr>
<tr><td>10.27(금)</td><td>암스테르담(21:20)
→ 인천(16:15)</td><td>- 외부 연구진 참여 회의 (스마트 항만, 사이버로지텍)/항공 이동</td><td>KE926(21:20~+1 16:15)
기내 2식 차감</td></tr>
<tr><td>10.28(토)</td><td>인천(18:40) →
부산(18:55)</td><td>항공 이동</td><td>KE1479(18:40~19:45)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">출장경비</td><td>성명</td><td>경비총액</td><td>경비 부담기관</td><td>특이사항</td></tr>
<tr><td>서정용</td><td>일비 : $210
식비 : $255
총액 : $465</td><td rowspan="2">KMI</td><td rowspan="2">1) 항공료(실비, 수수료 포함)
- 1인 기준 약 3,000,000원
2) 숙박비(실비, 나등급 기준)
: 1인 기준 상한액 $137 이하 집행 예정
3) 기타
- 로밍비 : 인당 5만원
- 여행자보험 : 인당 5만원
- 선물구입비 : 12만원 (4기관 선물 예정)
- 회의비 : 150만원 (3만원x10인x5회)

* 국외출장 심의 완료 후 국외출장신청 기안 시 당시 환율 적용 예정</td></tr>
<tr><td>이화섭</td><td>일비 : $210
식비 : $255
총액 : $465</td></tr>
</table>

※ 참고자료(경비 세부내역)

1) 적용기준 : KMI 여비규정 국가 및 도시별 등급구분 중 나등급(네덜란드) 적용

2) 국외출장 공무상 필요에 의해 로밍 신청(공무통화내역 사후 실비정산)

3) 여행자보험, 로밍이용 요금, 제수수료 등 : 실비정산

4) 현지에서의 원활한 소통을 위해 해외로밍비와 현지 기업대상 선물비 신청(1기관 당 30,000원)
(30,000원 x 4개 기관 = 120,000원 / VDL, Euromax, BTG, Portwise)

5) 현지 회의 개최 예정 : 회 의 비 1,500,000원(30,000원 × 10명 × 5회)

ㅇ 일 자 : 10.23.(월)

- 참 석 자 : KMI 출장자 2인, 타기관 출장자 5인 및 VDL 관계자 등 10명

- 회 의 비 : 30,000원 × 10명 × 1회 = 300,000원

ㅇ 일 자 : 10.24.(화)

- 참 석 자 : KMI 출장자 2인, 타기관 출장자 5인 등 10명

- 회 의 비 : 30,000원 × 10명 × 1회 = 300,000원

ㅇ 일 자 : 10.25.(수)

- 참 석 자 : KMI 출장자 2인, 타기관 출장자 5인 및 Euromax 터미널 및 BTG 관계자 등 10명

- 회 의 비 : 30,000원 × 10명 × 1회 = 300,000원

ㅇ 일 자 : 10.26.(목)

- 참 석 자 : KMI 출장자 2인, 타기관 출장자 4인 및 Portwise 관계자 등 10명

- 회 의 비 : 30,000원 × 10명 × 1회 = 300,000원

ㅇ 일 자 : 10.27.(금)

- 참 석 자 : KMI 출장자 2인, 타기관 출장자 4인 등 10명

- 회 의 비 : 30,000원 × 10명 × 1회 = 300,000원

*** 예산항목**

-「타이어형 항만크레인 적용 자동화 및 안전모듈 개발」

6) 체재비

출장자	체재비				비고
	숙박비	일 비	식 비	소계	
서정용	실비정산	$30*7 = $210	($59*6)-($59/3*5) = $255	$465	항공이용 시 식사 및 회의비 5회 부분 제외
이화섭	실비정산	$30*7 = $210	($59*6)-($59/3*5) = $255	$465	
합계				$930	

[별첨1] 공무마일리지 활용 계획

① 출장자 : 서정용

- 총 적립 마일리지 107,729마일 중, 공무마일리지(입사일: 2018.10.22.)로 적립된 마일리지는 20,432 마일로 마일리지 좌석 활용에 부족

  * 부산-인천-암스테르담 구간 왕복 마일리지 80,000마일 소요

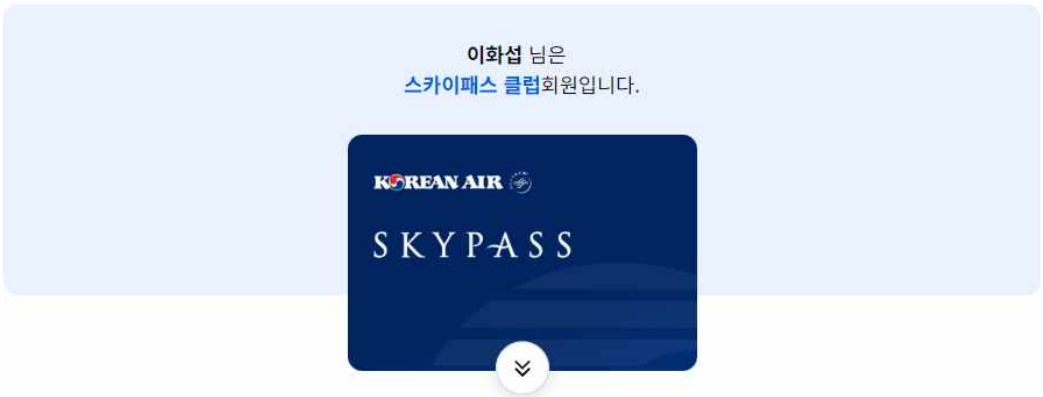
적립 마일리지 107,729 마일

구분	횟수	마일리지
대한항공	20	33,857
스카이팀 항공사	0	0
기타 제휴 항공사	0	0
신용카드	-	73,872
여행과 라이프	-	0
기타	-	0

② 출장자 : 이화섭

- 총 적립 마일리지 26,186마일 중, 공무마일리지로 적립된 마일리지는 12,376마일(기타 개인 적립 제외)로 마일리지 좌석 활용에 부족

* 부산-인천-암스테르담 구간 왕복 마일리지 80,000마일 소요



적립 마일리지	26,186 마일
사용 마일리지	0 마일
잔여 마일리지	26,186 마일

[별첨2] VDL 일정 조율

□ **VDL 담당자: Ramon van der Zijden**

□ **예상 방문 일정: 10월 23일(월)**

Dear Ramon van der Zijden;

This is Junjae Chae from Korea Aerospace University and it's been a long time since I come to your company in Netherland. At this time, I'm writing email for asking a chance to be in your site (Demo Center) with some of my colleagues.
I know that there is the expo (related to postal(or parcel) service) in Amsterdam between Oct. 24~26 and we plan to be in the expo. Besides, we would like to visit your demo center as the last time on 23rd of Oct.
Please let me know if it is possible.

Thank you in advance

Best regards,

Junjae Chae, Ph.D.
Professor of Logistics
School of Air Transport, Transportation and Logistics
Korea Aerospace University

국외출장 결과보고서

<table>
<tr><td>구 분</td><td colspan="6">내 역</td></tr>
<tr><td rowspan="2">출장자</td><td>소속</td><td>물류·해사산업연구본부</td><td>성명</td><td>서정용</td><td>직급</td><td>부연구위원</td></tr>
<tr><td>소속</td><td>항만연구본부</td><td>성명</td><td>이화섭</td><td>직급</td><td>전문연구원</td></tr>
<tr><td>출장목적
(중복선택 가능)</td><td colspan="6">■ 현지조사(현장, 전문가 회의) □ 국제행사 주최 ■ 국제행사 참가
□ 국제회의(정부대표단) 참석 □ 세미나, 교육, 훈련 □ 기타 ( )</td></tr>
<tr><td>관련사업
(예산항목)</td><td colspan="6">❍ 출장목적 : 타이어형 항만크레인(ARTGC: Automated Rubber-tyred Gantry Crane) 자동화 및 화물적재·이송 기술 관련 국외 최신 기술 동향 조사
- 과제 참여 기관(본원, 한국항공대학교, 스마트항만, 사이버로지텍)과의 공동 현지조사로 ARTGC의 컨테이너 처리, 작업계획, 터미널 운영시스템(TOS) 연계 및 사업화 방안 등 과제 전반에 걸친 관련 기술 및 진행 방향 검토

❍ 관련사업
-「타이어형 항만크레인 적용 자동화 및 안전모듈 개발」(R&D)
(총사업기간 : 2022.04.01. ~ 2025.12.31.)
(2차년도 사업기간 : 2023.01.01. ~ 2023.12.31.)</td></tr>
<tr><td>출장기간</td><td colspan="2">2023.10.22(일) ~ 2023.10.28(토)
(5박 7일)</td><td>출장지</td><td colspan="3">네덜란드
(암스테르담, 로테르담 등)</td></tr>
<tr><td rowspan="6">출장일정</td><td>일자</td><td>방문지</td><td colspan="2">주요업무*</td><td colspan="2">항공편</td></tr>
<tr><td>10.22(일)</td><td>부산(08:05) →
인천(12:05) →
암스테르담(18:55)</td><td colspan="2">- 항공 이동/연구진 회의(스마트 항만)</td><td colspan="2">KE1410(08:05~09:10)
KE925(12:05~18:55)</td></tr>
<tr><td>10.23(월)</td><td>VDL Innovation</td><td colspan="2">자동화 항만을 고려한 하역·이송 기술 동향 조사 및 ARTGC 핵심 기술 차별화 전략 수립</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>10.24(화)</td><td>Parcel+Post Expo 2023 참석</td><td colspan="2">기타 물류 산업에서의 자동화, 자율주행, 인공지능 적용 기술 파악 및 ARTGC 개발 시 적용 가능성 검토</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">10.25(수)</td><td>Euromax 터미널</td><td colspan="2">완전 자동화 터미널 시스템 운용 및 ARTGC 개발 적용</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Terberg</td><td colspan="2">항만 트럭 자율주행 기술의</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="5"></td><td></td><td></td><td>동향 및 ARTGC와의 Mixed traffic 문제 파악</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">10.26(목)</td><td>BTG</td><td>자동화 크레인의 위치 센서와 데이터 수집 및 활용 방안 조사</td><td></td></tr>
<tr><td>Portwise</td><td>ARTGC 운영을 위한 TOS 시스템 연계 및 시뮬레이션 모델을 통한 운영 검증 사례 조사</td><td></td></tr>
<tr><td>10.27(금)</td><td>암스테르담(21:20) → 인천(16:15)</td><td>- 외부 연구진 참여 회의 (스마트 항만/항공 이동</td><td>KE926(21:20~+1 16:15)</td></tr>
<tr><td>10.28(토)</td><td>인천(18:40) → 부산(18:55)</td><td>항공 이동</td><td>KE1479(18:40~19:45)</td></tr>
<tr><td>출장성과</td><td colspan="4">○ 출장목적 달성 정도
- 본 출장의 목적은 타이어형 항만 크레인(ARTGC) 자동화 및 화물 적재·이송 기술 관련 국외 최신 기술 동향 조사임
- 대표적인 화물 적재·이송 기술 관련 행사인 Parcel+Post Expo 2023 참석, VDL(물류 자동화), BTG(AGV 트랜스폰더), Terberg(항만 트럭) 및 Portwise(항만 최적화 및 시뮬레이션)의 방문 및 심층 인터뷰를 통해 ARTGC 개발 시 고려해야 할 사항 및 기술에 대한 동향 조사는 소기의 목적을 달성했다고 판단됨

○ 주요 성과
- VDL, Parcel+Post Expo 2023, VDL과의 인터뷰를 통해 물류 자동화 관련 요소기술에 대한 이해를 높이고 ARTGC에 적용할 수 있는 방안에 대해 조사함
- BTG와의 미팅을 통해 자동화에서 위치 결정 센서의 중요성에 대해 파악하고 Terberg과는 ARTGC 운영 시 발생할 수 있는 Mixed traffic에 대해 인지함
- 하드웨어적인 측면 뿐만 아니라, 소프트웨어적인 측면에서도 ARTGC 운영 시 항만 최적화에 대해 효과적인 검증 방법에 대한 조언을 얻음</td></tr>
<tr><td>향후계획</td><td colspan="4">○ 출장 성과 공유 계획
- 필요시 내부 세미나 개최 및 요약보고서 공유를 통해 출장 성과 공유
○ 조사 결과 활용 계획
- ARTGC를 활용한 컨테이너 위치 결정 문제 해결 시 항만의 전역 최적화를 고려한 문제 정의 및 해결 방안 제시에 활용</td></tr>
<tr><td>참고 등 특이사항 (건의사항)</td><td colspan="4"></td></tr>
</table>

* 주요업무 수행 결과 별지 작성 후 첨부

주요 업무내용 (계획( ), 결과(√))

업무유형	■ 현지조사(현장, 전문가 회의) □ 국제행사 주최 □ 국제행사 참가 □ 국제회의(정부대표단) 참석 □ 세미나, 교육, 훈련 □ 기타 ( )
업무①	**10.23.(월) VDL Automated Vehicles 방문 및 관계자 인터뷰**
수행계획	□ **VDL Automated Vehicles 방문** - **참석자 : (KMI)** 서정용 부연구위원, 이화섭 전문연구원, **(한국항공대)** 채준재 교수, **(스마트항만)** 안종호 이사 **(VDL)** Lodewijk Louis Reineke, Linda Brands * VDL 방문 일정 조율 메일 [별첨 2] 참고 - **업체 개요** · VDL은 네덜란드에 기반을 둔 자동차 제조사이며 VDL Automated Vehicles는 VDL 그룹의 계열사로 자동화 하역·이송 장비 기술 분야에서 Konecranes와 같은 선도적 업체임 · 2001년부터 컨테이너 터미널 운영사와의 협업을 통해 자동화 하역·이송 장비에 대한 사업을 시작하고, 2009년 자체적으로 무인이송차량(AGV: Automated Guided Vehicle)을 개발함 · 기계 제작뿐 아니라, 전장, 소프트웨어 등 장비 통제(Control)나 운영(Operation)에 대한 기술 전반을 보유하고 있으며, 연구센터를 통해 신규 기술을 실험하고 고도화하고 있음 - **방문 목적** · VDL Automated Vehicles의 하역·이송 기술 및 제품에 대한 심층적 이해 · 자동화 항만을 고려한 최신 하역·이송 기술 동향 조사 · 타이어형 항만크레인(RTGC) 자동화 관련 AGV와 연계 혹은 고려해야 할 제약 확인 * ARTGC는 하역장비, AGV는 이송장비에 해당 * AGV의 다른 형태인 Lift-AGV 및 ALV(Automated Liftting Vehicles)와의 작업 연계 방식 확인 · RTGC Retrofit 작업시 핵심 고려사항 · ARTGC의 핵심 기술의 차별화 전략 확인 · ARTGC와 AGV의 운영 시스템 통합 및 인터페이스 관련 노하우 확인 · ARTGC와 AGV가 동시에 운영되며 상호 연계되는 상황에서의 항만 최적화 방안 논의 □ **방문 결과 활용 계획** · 방문 및 전문가 인터뷰를 통해 자동화 항만에서의 AGV 기술 및 관련 자료를 정리하고, ARTGC 개발 및 운영을 위해 고려해야 할 사항에 대해 문서화 · ARTGC와 AGV 시스템 통합 및 인터페이스 노하우를 바탕으로 시스템 아키텍처 및 설계 방향 도출 · ARTGC와 AGV가 동시에 연계·운영되는 환경에서의 항만 최적화, 운영 전략 및 작업 프로세스 정의, 안전과 효율성을 동시에 고려한 전역 최적화(Global optimisation) 방안 도출
수행결과	*** VDL Innovation은 VDL의 자동화 물류 설비 및 장비와 관련한 최신기술을 개발 및 실험하는 부서로 방문 목적에 맞게 VDL에서 방문지를 조정함**

주요 업무내용 (계획( ), 결과(√))

□ **VDL Automated Vehicles의 하역·이송 기술 및 제품에 대한 심층적 이해**

- VDL에서는 로봇 암, 소터, AGV 등 다양한 자동화 물류 시설이나 장비에 대한 논의가 이루어 졌음
- 이들 기술은 높은 처리 속도와 정밀한 화물 인식 능력을 특징으로 하며, 다양한 화물 유형에 대한 유연성을 높이기 위한 추가 기술개발의 필요성이 강조함

□ **자동화 항만을 고려한 최신 하역·이송 기술 동향 조사**

- 로봇 암(Robot Arm)
  · 그리퍼 중앙에 석션 장치와 3개의 손가락을 이용해 화물을 처리(pick-up and release)하도록 설계됨. 이 기술은 높은 처리 속도와 정밀한 화물 인식 능력을 보여줌
  · 석션은 특정 화물에 적합하지만, 공기가 차 있거나 석션에 어려운 화물 유형에는 적용이 제한적임. 이는 다양한 화물 유형에 대한 로봇암의 활용성을 높이기 위한 추가적인 연구·개발이 필요함을 시사함
  · 석션 실패 시 로봇 암이 다른 화물을 집기 위해 이동함. 현재는 화물에 따라 적합한 픽업 설정을 자동으로 조정하는 기능은 없으며 오퍼레이터가 수동으로 그리퍼를 교체해야 함. 이 자동으로 화물유형을 인식하고, 그리퍼를 교체할 수 있는 기술이 중·장기적으로 필요할 것으로 판단함
  · 화물을 4초당 1개, 트레이 교환을 고려하면 6초당 1개의 속도로 화물처리가 가능하고, 이는 업계 표준에 비해 상당히 빠른 편으로 조사됨
  · 로봇암과 사람이 동시에 작업이 가능하지만 특정 구역에 사람 또는 신체의 일부가 들어가면 시스템이 바로 정지하게 됨. 작업자 안전 확보가 최우선이며, 아직까지는 인간과의 자유로운 협업이 가능한 단계는 아님

- 소터(Sorter)
  · 크기에 따라 자동으로 화물을 분류, 이 시스템은 물류 효율성을 크게 향상시킬 수 있으며, 특히 중소형 품목을 대량으로 처리하는 환경에서 활용도가 높음
  · 설비에 설치된 바코드로 화물을 자동으로 인식하고 개별 트레이와 매칭, 바코드가 손상되거나 다른 이유로 정확히 인식되지 않는 경우를 대비한 보조 시스템의 필요성에 대해 논의됨
  · 분류 단계에서는 화물을 적절한 라인으로 자동으로 분산, 이는 물류센터의 혼잡·복잡성을 줄이고, 배송 오류를 최소화하는 데 도움을 줌

- AGV
  · 바닥에 있는 바코드로 위치를 인식하고 작업 수행, 이는 정확한 위치 추적과 경로 계획을 가능하게 함(Indoor warehouses)
  · 중앙제어방식으로 작동하며, 사람과 협업 역시 가능함. 미래에는 분산형 제어 시스템이나 자율적 결정을 내릴 수 있는 인공지능의 적용으로 다양한 방식의 운영이 가능할 것으로 예상됨
  · 사람과 협업 시 작업자 사전 교육(예: 돌발행동 방지)이 필요하며, 이는 안전한 협업 환경을 조성하는 데 매우 중요한 요소임

주요 업무내용 (계획( ), 결과(√))

· 소음이 크지 않으며, 다양한 높이의 랙에 화물을 장치할 수 있는 형태도 존재함

- 이동용 트레이(Tray for Moving Carriers)
· 수동이지만 친 인간화에 초점을 둔 장비로, 작업자 노동 강도를 줄이는 데 중점을 둠
· 캐리어를 항공기 또는 다른 장소로 이동할 때 사람의 움직임(동선 및 상하차)을 최소화하는 목적이며, 이는 작업 관련 부상과 피로도를 줄이기 위함임
· 트레이에 캐리어를 올리고, 손으로 밀면 특정 궤도 내에서 장치가 이동하고, 목적지에 도달하면 사람이 캐리어를 내림. 즉, 중간에 캐리어를 들고 사람이 이동할 필요가 없음

- 공항용 셔틀(Shuttle for the Airport)
· 거대한 항공화물용 ULD(unit load device)를 랙에 장치시키는 셔틀로, 빠른 처리 속도로 항공화물 처리의 효율성을 극대화할 수 있을 것으로 판단됨
· 랙의 경우, Loaded 기준 3단까지 적재가 가능하도록 설계되었으며 ULD 위에 바로 화물을 놓는 형태가 아닌 랙에 화물을 쌓아 화물 취급 시간을 단축할 수 있음
· Lift-AGV와 같은 형태로 유압식 장치가 있는 것으로 보임

- 오버헤드 컨베이어(Overhead Conveyors)
· 석션장치를 통해 옷 등 경량 화물을 집어 올리는 장치가 있음
· 제품의 형태가 비정형화되어 있는 의류 업계에서 주로 활용됨

□ **타이어형 항만크레인(RTGC) 자동화 관련 AGV와 연계 혹은 고려해야 할 제약 확인**
- AGV는 트랜스폰더와 센서를 기반으로 운영되고, 이 시스템은 예상 경로에 따라 AGV가 움직이도록 설정되어 있음
- 트랜스폰더의 고장이나 파손 등 예상 위치에서의 인식 문제를 일으킬 수 있으며, 이에 대한 경고 및 대처 시스템이 마련되어야 함
- ARMG 및 ARTG는 높은 정밀도를 요구하며, 특히 야외의 거친 환경 조건 아래에서도 견딜 수 있도록 설계되어야 함
- 또한, RMG에도 정밀한 위치 인식을 위한 트랜스폰더가 사용되며, 이는 RMG 레일에 있는 목재부분에 설치됨(철제에 비해 간섭이 적고, 설치가 쉬움)

□ **RTGC Retrofit 작업시 핵심 고려사항**
- 정밀한 센서 시스템은 RTGC Retrofit 작업에서 고려해야 할 중요한 요소 중 하나임
- 자동화 환경에서는 컨테이너, 트레일러와 트럭의 위치를 정확히 인지하는 것이 매우 중요함
- 현재 시장에서 사용가능한 다양한 측위 및 센서 기술, 예를 들어 GPS RTK, 비전 센서(카메라, 라이다 및 레이더) 및 기계 내 센서(인코더, IMU)의 적용에 대한 연구가 진행 중임
- 이러한 기술은 RTGC Retrofit 작업에 있어 위치 정확도와 안정성을 향상시키는 데 중요한 역할을 함

□ **ARTGC의 핵심 기술의 차별화 전략 확인**
- ARTGC 안전·안정성을 높이고 유지보수 부담을 줄이기 위한 방안으로 크고 공기가 없는

주요 업무내용 (계획( ), 결과(√))

고무바퀴의 사용이 제안됨

- ARMGC에 비해 열등한 기술이라 판단하지 않고, 적용환경이나 기술 발전에 따라 특정 터미널에서의 ARTGC 활용성이 높다고 언급함
- 레일을 따라 안정적으로 주행하는 ARMGC와 동일한 성능을 내기 위해서는 정확한 측위기술과 안정적 주행을 가능하게 하는 H/W 및 S/W 기술(제어 기술 등)이 반드시 필요

□ **ARTGC와 AGV의 운영 시스템 통합 및 인터페이스 관련 노하우 확인**

- 자동화 컨테이너 터미널 운영의 복잡성에 대해 강조함
- 이는 단순한 물리적 작업을 넘어서 복잡한 물류 정보의 흐름 관리를 포함하며, ARTGC를 포함한 자동화 설비를 효과적으로 운영할 수 있는 중앙 제어식 시스템이 효과적이라고 제언함

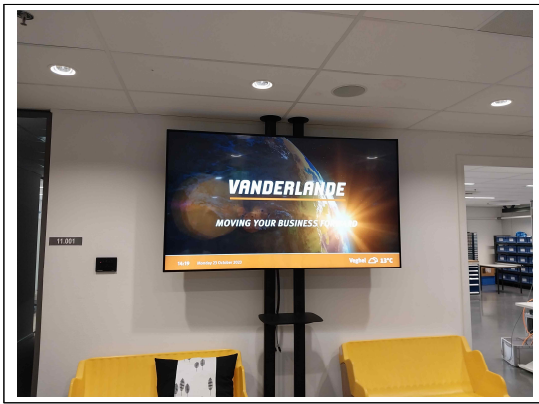
□ **ARTGC와 AGV가 동시에 운영되며 상호 연계되는 상황에서의 항만 최적화 방안 논의**

- RTGC와 AGV 등 이종 자동화 설비가 동시 운영 시 발생할 수 있는 Mixed traffic에 대한 중요성 및 문제를 인식하고 해결하는 노력을 기울여야 함
- ARTGC와 AGV가 도입되면 외부 트럭과 같은 전자적 제어가 불가능한 장비의 운영은 독립 혹은 완전 분리시키는 방안도 고려해야 함

□ **시사점**

- 혁신적인 ARTGC를 개발하기 위해서는 로봇 암, 소터, AGV와 같은 자동화 물류 기술과 관련된 핵심 아이디어를 활용 및 개선하고, 이를 통해 처리 속도와 화물 인식 능력을 높이며 다양한 화물 유형에 적용할 수 있는 유연성을 제공해야 함
- 최적화 관점에서 보면, ARTGC와 AGV를 활용시 중앙 제어식 시스템을 도입하는 것이 좋음
- 야드의 효율적인 운영을 위해서는 정밀한 센서 기술을 적용해 위치 인식 정확도와 이에 따른 안전·안정성을 향상시키는 RTGC Retrofit을 고려해야 함
- 또한 자율주행 및 인공지능 기술의 통합으로 ARTGC의 자율성과 효율성을 향상시키는 방안도 고려해야 함

□ **VDL Innovation center 방문 사진**



※ 연구센터 내부는 촬용이 금지되어 입구 사진으로 대체

주요 업무내용 (계획( ), 결과(√))

업무유형	□ 현지조사(현장, 전문가 회의) □ 국제행사 주최 ■ 국제행사 참가 □ 국제회의(정부대표단) 참석 □ 세미나, 교육, 훈련 □ 기타 ( )
업무②	**10.24.(화) Parcel+Post Expo 2023 참석**
수행계획	□ **Parcel+Post Expo 2023 참석** - **참석자 : (KMI)** 서정용 부연구위원, 이화섭 전문연구원, **(한국항공대)** 채준재 교수, **(스마트항만)** 안종호 이사 - **Parcel+Post Expo 개요** · Parcel+Post Expo는 전 세계의 우편, 소포 및 물류 업계 전문가를 대상으로 하는 국제적 규모의 물류 산업 전시회임 · 본 전시회는 세계 물류 산업의 최신 동향, 혁신 기술 및 서비스, 솔루션을 소개하고 다양한 세미나 및 워크샵이 개최됨 - **참석 목적** · 자동화, 자율주행, 인공지능 등 최신 기술 동향을 파악, ARTGC 개발에 반영 · 타 물류 산업에서의 자동화 및 관련 기술 파악, ARTGC 개발에 적용 가능성 검토 □ **참석 결과 활용 계획** · 무인 자동화, 자율주행 및 인공지능이 물류 산업의 적용 방식을 파악하고 항만 장치장에 적용이 가능한 기술 도출 · 상용화된 기술들의 실용성과 효율성을 분석, 개발 중인 ARTGC의 실용성 제고
수행결과	□ **자동화, 자율주행, 인공지능 등 최신 기술 동향을 파악, ARTGC 개발에 반영** - 많은 물류 자동화 기업이 박람회에 참여했고, H/W 및 S/W 기술이 시연됨 · H/W는 물류 시설(컨베이어, 소터 등), 물류 장비(로봇암, AGV 등), 용기(팔래트 등)로 구분

주요 업무내용 (계획( ), 결과(√))

	· S/W는 데이터를 기반으로 한 의사결정지원 시스템이 주를 이루었고, 자동화, 자율주행, 빅데이터와 인공지능을 활용한 솔루션이 대부분을 차지함 - ARTGC에 적용이 가능한 자동화 기술은 1) 컨테이너 이동 및 위치의 정밀 조정 기술, 2) 정밀 센서 및 PLC를 기반으로 고중량 컨테이너 처리 시 발생할 수 있는 컨테이너 스윙 및 흔들림 예측 및 제어 기술이 있음 - 자율주행 기술 중 ARTGC에 적용이 가능한 최신기술은 GPS, 라이다, 광학카메라, 다양한 센서를 기반으로 한 대규모 객체 인식(Object detection) 시스템이며 이는 주행 중 충돌방지 및 작업자 안전을 보증할 수 있는 기술임 - 인공지능 알고리즘은 ARTGC의 컨테이너 적재 및 하역 위치 및 순서 결정, 블록 간 이동 및 예측 유지보수 시기 결정 등에 사용이 가능함 □ **타 물류 산업에서의 자동화 및 관련 기술 파악, ARTGC 개발에 적용 가능성 검토** - Loadhog는 대표적인 용기 제작업체임 · 적재가 가능한 고강도 용기를 제작하고, 접이식으로 빈 용기 보관이 용이함 · 또한, 자동화 시스템을 고려해 컨베이어에서 잘 움직이도록 제작되었으며, 용기가 이동하는 동안 소음이 최소화되도록 제작함 · 즉, 보관·하역의 편의성을 고려하고, 소음 최소화와 같이 작업 환경에도 관심을 둔 것을 알 수 있음. 또한, 용기 본연의 역할을 적절히 수행하기 위해 내구도에도 상당한 기업 역량을 투자하고 있음 - 물류 시설을 만드는 대표적인 업체는 Better Convey Automatic Equipment Co.Ltd가 있음 · 이들은 컨베이어 제작업체로, 기장 기본적인 컨베이어는 1,800 ~ 2,220개/시간의 처리능력을 보이며 1~3 m/sec의 컨베이어 속도를 가짐 · 이들의 특징은 동남아에도 쉽게 도입할 수 있도록 높은 습도에도 운영이 가능하다는 것임(95% 습도에도 작동 가능) · 일반적인 물류센터에서는 다양한 종류 화물을 다루지만, 대부분 표준화된 용기에 담겨 보관되므로 컨테이너 터미널과 유사한 속성을 지님(예: 대부분 선입선출, 적재식 보관) · 상대적으로 주문의 불확실성(도착시간 등)이 낮다고 담당 직원은 생각하고 있었으며, Rack으로의 보관에 따라 항만 컨테이너 터미널에서 발생하는 리핸들링이 발생하지 않음(다만, 시스템이 다르기 때문에 항만에서의 적용성은 확답하지 않음) · 이들은 Sorter 역시 개발하고 있으며, 1.2 ~ 1.5m/sec의 속도로 시간당 1만 개 이상을 분류할 수 있는 성능을 가짐 · 분류 정확도는 99.99% 이상으로 매우 신뢰도가 높은 장비라 할 수 있으며 이 외에, Telescopic Conveyors, Manergo 등이 컨베이어와 소터를 개발하고 고객사가 관리하는 화물의 특성에 맞게 시설을 커스터마이징 하여 장비를 납품하고 있음 - 일부 기업은 물류 시설뿐 아니라, 로봇암도 연구개발하고 있음, 대표적 기업이 Equinox임 · 23일 방문한 Vanderlande 역시 로봇암을 연구개발하고 있으며 핵심은 대상 화물을 정확히 인식하고, 안정감 있게 Pick-up이 가능한지, 그리고 원하는 처리속도가 달성되는지 여부임 · 경우에 따라 컨베이어나 소터 같이 고속 물류 설비와 맞물려 활용되므로, 빠른 속도로 화

주요 업무내용 (계획( ), 결과(√))

물을 인식하고 처리할 필요가 있음

· 아직 모든 화물 유형에 대해 안정적인 화물 처리가 어려움. 대부분의 경우, 장비를 납품하는 고객사가 처리하는 화물유형은 정해져 있으므로, 커스터마이징 단계를 거쳐 납품함

· 로봇암은 상대적으로 움직임이 크고 관절이 존재해 고장에 취약할 수 있으며, 이에 따라 장비의 신뢰성에 큰 노력을 기울이고 있음

□ **시사점**

- 다양한 물류시설과 장비는 빠른 업무속도와 정확성, 그리고 안정성이 핵심임. 그리고, 다른 시설과 장비의 작업은 연계되어 수행되므로 작업영역이나 작업영역 간 bottleneck이 생기지 않게 균형있는 기술개발을 추구하는 경향이 있음
- 또한, 항만과는 달리 매우 다양한 형태의 포장화물을 대상으로 하므로, 상대적으로 장비의 복잡도가 높았음. 다만, 상대적으로 컨테이너 장치계획에 비해, 화물 처리가 단순했음, 이는 line 형태(컨베이어)로 화물을 관리하기 때문임
- 인공지능과 관련한 자동화, 자율주행 기술은 정밀한 ARTGC 운영을 위해 필수적이고, 이에 따라 측위와 환경인식에 도움을 주는 GPS, 광학카메라, 라이다와 같은 기술이 핵심일 것으로 생각됨
- 기존 컨테이너 이송·하역 설비 및 장비에 타 물류 기술에서의 특성이나 강점을 도입해 ARTGC의 운영 효율을 개선할 수 있는지 검토할 필요가 있음

□ **Parcel+Post Expo 2023 참석 사진**

주요 업무내용 (계획( ), 결과(√))

업무유형	■ 현지조사(현장, 전문가 회의) □ 국제행사 주최 □ 국제행사 참가 □ 국제회의(정부대표단) 참석 □ 세미나, 교육, 훈련 □ 기타 ( )
업무③	**10.25.(수) 오전 Euromax 터미널 방문**
수행계획	□ **Euromax 터미널 방문** - **참석자 : (KMI)** 서정용 부연구위원, 이화섭 전문연구원, **(스마트항만)** 안종호 이사, **(ECT Rotterdam)** Cees van der Sijs, **(BTG)** Daan Potters, Daan Ottevanger **- Euromax 터미널 개요** · 로테르담항 마스블락테에 위치한 자동화 컨테이너 터미널로 2010년 6월부터 운영, 연간 500만 TEU를 처리할 수 있음 · 총면적 84ha, 안벽 길이는 1.5㎞, 수심 16.8m(최대 19.6m)로 듀얼 크롤리 크레인 12기, 58대의 장치장 크레인, 96대의 디젤 AGV 등 운용 **- Euromax 터미널 방문 목적** · Euromax 터미널의 항만 운영 체계와 장치장 관리 시스템의 이해 · 완전 자동화된 장치장 크레인 및 듀얼 안벽 크레인 장비 파악, ARTGC 개발에 참고 **- 방문 결과 활용 계획** · 자동화 터미널의 효율성 확보를 위한 전략 수립 및 ARTGC 개발에 반영 · 완전 자동화 터미널의 장치장에서 외부 트럭 및 다수의 AGV의 연계를 고려한 ARTGC의 컨테이너 핸들링 및 스케줄링 문제 해결
수행결과	□ **Euromax 터미널의 항만 운영 체계와 장치장 관리 시스템의 이해** - AGV 운용을 위한 트랜스폰더와 센서 적용 · AGV의 운용을 위해서는 정확한 위치 결정이 중요. 정확한 위치 결정을 위해 유로막스 터미널은 트랜스폰더와 센서 기반의 AGV를 사용하고 있으며 예상 경로에 따라 움직이도록 설정함 · AGV 시스템은 트랜스폰더가 고장 및 손실로 예상 위치에서 인식이 되지 않을 경우 이를 감지하고 대응함. 하나의 트랜스폰더가 고장이 날 경우는 경고 알람을 발생시키고, 두 개 연속된 트랜스폰더가 고장이 날 경우 시스템이 정지됨 · 고장 혹은 손실된 트랜스폰더는 교체 및 신규 설치 작업이 필요함 · 각 트랜스폰더는 고유식별번호를 가지고 있으며 GPS에 비해 정확도가 높음. 또 다른 측위 기술인 마그넷 시스템은 음극과 양극으로 차량의 진행 방향 등을 확인함. 고유 식별번호가 없어 마그넷 고장 시 빈번하게 시스템이 정지하는 것이 단점임 · 센서는 AGV 전후방에 하나씩 총 2개가 탑재되어 있으며 센서 내부에는 움직이는 부품이 없어 높은 내구성을 보장하고, 10년에서 15년까지 사용이 가능함

주요 업무내용 (계획( ), 결과(√))

- 자동화 터미널 운영 시 문제
  · ARMG 및 ARTG 등과 같은 자동화 크레인은 화물의 안전한 처리를 위해 높은 정밀도를 요구하며, 이에 따라 높은 수준의 측위기술을 필요로 함
  · ARMG 시스템은 거친 야외 환경 조건(폭우, 강풍 등) 아래에서도 견딜 수 있도록 설계되어야 함
  · 또한, 주로 염분이 많은 해안가에 터미널이 주로 위치하므로, 부식방지 역시 매우 중요함
  · ARTG의 안전·안정성을 높이고 유지보수 업무를 줄이기 위해 휠이 크고 공기가 없는 큰 고무바퀴를 사용하는 것을 추천함
  · 유로막스 터미널의 RMG에도 정밀한 위치 인식을 위해 트랜스폰터가 사용되며 이는 RMG 레일에 있는 목재부분에 설치됨

- 자동화 장비와 지면 조건
  · 자동화 운송 시스템(AGV, RTG 등)이 지면에 가하는 하중으로 인해 마모에 대한 우려가 있으며 특히 AGV는 유인차량에 비해 경로의 자유도가 낮으므로 지면에 더 큰 부담을 줄 수 있음
  · ECT가 운영을 시작했을 때 AGV가 가하는 하중이 크고, 반복적인 경로를 따라 정확히 같은 길을 이동하기 때문에 지면에 반복적인 손상이 발생할 가능성은 있었음
  · 다만, 현재는 지면을 보강하는 다양한 토목 접근법이 있으며, 차량이 조금씩 경로를 변경하면서 이동하면 부하를 분산할 수 있음
  · 과거에는 지면 정비가 자주 필요했으나, 현재는 더 내구성 있는 솔루션을 통해 이러한 문제를 줄이고 있임

- 시스템 유지보수
  · ARMG 및 ARTG는 숙련된 운영자와 기술자가 동시에 필요한 복잡한 기계임
  · 자동화 시스템은 유지보수가 간단하고 명확하게 설계되어야 하며, 기술 인력이 투입되었을 때 쉽게 수리가 가능해야 함
  · 또한 초기 설치 및 운영, 유지보수에 대한 지속적인 기술지원과 교육이 필요함
  · 유로막스 터미널도 자동화 시스템을 운영할 수 있는 숙련된 기술자를 찾는데 어려움을 겪고 있음을 언급함
  · 시스템의 지속적인 운용을 위해서는 많은 유지보수 지점이 발생하고, 작업자 안전에 대한 문제도 고려되어야 함

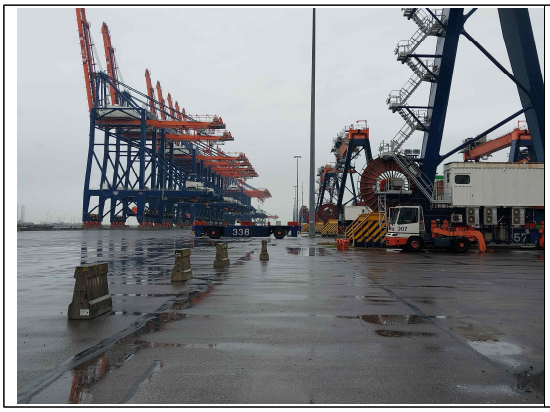
□ **완전 자동화된 장치장 크레인 및 듀얼 안벽 크레인 장비 파악, ARTGC 개발에 참고**
- 유로막스 터미널의 반자동(육측 완전 자동, 해측 반자동) 안벽 크레인은 시간당 24개의 컨테이너를 처리할 수 있음
- 장치장에서는 12대의 ZPMC ARMG를 사용하여 컨테이너 처리 능력을 크게 향상 시켰으며 시스템 효율성을 높이기 위해 장치장에서의 트리플 크레인 적용도 고려할 수 있음
- 크레인의 자동화 및 반자동 시스템의 구현은 효율성 및 안전성을 모두 충족시키기 위함임

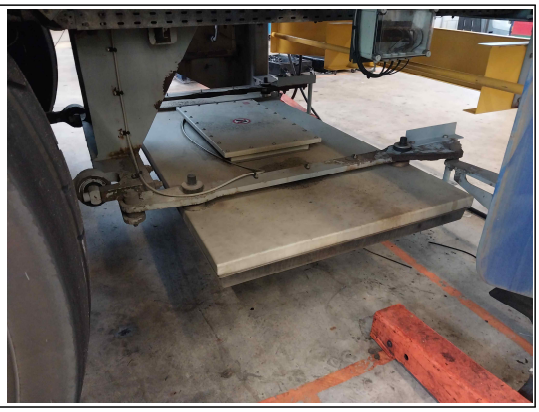
주요 업무내용 (계획( ), 결과(√))

□ **시사점**

- 자동화 터미널 운영에서의 유연성은 발생 가능한 다양한 상황에 대처할 수 있는 능력을 의미함
- 예를 들어 물동량의 변화, 예상치 못한 유지보수의 문제 또는 다양한 무게의 컨테이너를 처리해야 하는 상황이 발생함
- 자동화 시스템이 효과적으로 운영되기 위해서는 생산성의 감소나 시스템 정지 시간이 최소화되도록 해야 하며, 문제상황에 대응할 수 있는 전략 수립이 반드시 필요함
- 자동화 시스템의 적절한 모니터링 체계가 필요함
- 스캐닝 시스템은 컨테이너를 식별, 추적 및 입출항 시 컨테이너 상태를 확인하거나 적절한 하역 절차가 준수되고 있는지, 그리고 컨테이너 검사 등의 다양한 목적으로 사용될 수 있음
- 이러한 시스템은 수동으로 이루어 지는 컨테이너 검사 시간을 줄여 외부 트럭 및 화물 처리 속도를 높일 수 있어 효율성의 향상을 가져옴
- 또한 유로막스를 포함하여 자동화 기술 활용이 증가함에도 불구하고 여전히 작업자 감독이 필요함
- 예를 들어 자동화 시스템이 작동하기 전 안전한 조건인지를 확인하고, 자동으로 처리될 수 없는 특정 상황인지 여부를 판단하기 위해서는 작업자의 판단이 필요함

□ **Euromax 터미널 방문 및 회의 사진**





주요 업무내용 (계획( ), 결과(√))

업무유형	■ 현지조사(현장, 전문가 회의) □ 국제행사 주최 □ 국제행사 참가
	□ 국제회의(정부대표단) 참석 □ 세미나, 교육, 훈련 □ 기타 ( )
업무④	**10.25.(수) 오후 Terberg 방문**
수행계획	*** 국외출장 심의 이후 항만 및 기타 산업용 특수 트럭 제조 업체인 Terberg과의 일정 추가** □ **Terberg 방문** - **참석자 : (KMI)** 서정용 부연구위원, 이화섭 전문연구원, **(스마트항만)** 안종호 이사, **(BTG)** Daan Potters, Daan Ottevanger, **(Terberg)** Frank Oerlemans □ **Terberg 방문 목적** - 항만 트럭의 자율주행 기술의 동향 및 ARTGC와의 Mixed traffic 문제 파악
수행결과	□ **항만 트럭의 자율주행 기술의 동향 및 ARTGC와의 Mixed traffic 문제 파악** - 네덜란드에 본사를 둔 가족 소유의 트럭 제조사, 1869년에 설립되었으며 특히 항만, 건설, 폐기물 및 물류 산업을 위한 특수 트럭을 제작함 - 현재는 터미널 트랙터 및 로로 트랙터를 대상으로 지속 가능한 운송 솔루션, 전기 및 하이브리드와 같은 친환경 시스템, 자율주행 적용에 대한 연구에 주력 중임 - 트럭 자율주행 시스템 · 특수 목적을 가진 산업용 트럭에 완전 자율 주행을 안정적으로 도입하기 위해서는 엄청난 투자와 도전이 필요하며 테슬라나 구글과 같은 회사도 완전한 자율성을 달성했다고는 보기 어려움 · 그럼에도 불구하고 Terberg을 포함한 자동차회사는 막대한 금액을 연구개발에 투자하고 있고, 트랜스폰더에 의존하지 않은 완전 자율주행 달성이 목표임 - 센서 기술의 중요성 · 무인 환경에서는 트레일러와 트럭과 같은 장비 위치를 정확히 인식해야 하는 것이 중요함 · 현재 시장에서 사용가능한 측위기술, 즉 GPS RTK(실시간 키네마틱), 비전 센서(카메라, 라이다 및 레이더) 및 기계 내 센서(인코더, IMU) 적용에 대한 다양한 연구가 진행 중이며 현재는 GPS만이 고정된 참조점을 제공하는 유일한 측위기술로 판단함 · 측위기술 활용에 대한 논의, 자율주행 기술에 대한 새로운 기술 활용의 중요성을 강조함 - 항만 자동화 및 자율주행 운영 · 항만에서의 자율주행 트럭 운영은 아직 실현 불가능하지만 AGV나 ASC를 사용한 자동화 시스템은 수십년의 운영을 통해 검증되었음

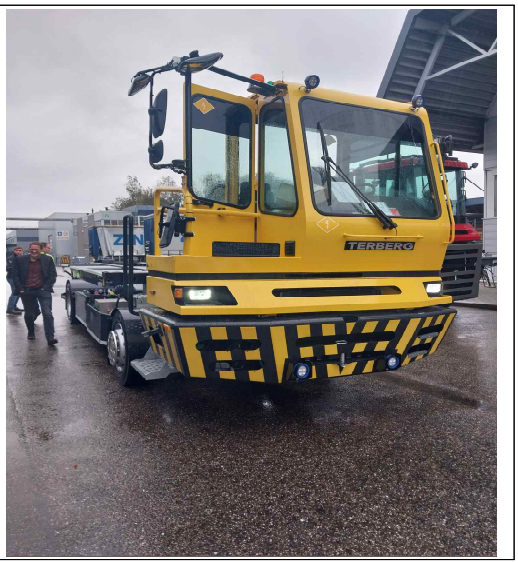
주요 업무내용 (계획( ), 결과(√))

· 본사는 Easymile과 협업하여 자율주행 트럭을 개발 중이며 자율주행 트럭의 센서는 날씨의 영향을 받을 수 있다고 우려함

□ **시사점**

- Terberg의 자율주행 시스템(계획)은 ARTGC 및 기타 자동화 설비에서 자율주행 기술 도입 가능성을 시사함
- 특히 트랜스폰더에 의지하지 않고 작동하는 완전 자동화된 ARTGC 개발 및 도입은 항만 장치장 운영의 중요한 변화를 가지고 올 수 있을 것으로 판단됨
- 자율주행 기술은 고도화된 센서를 기반으로 취득되는 데이터에 따라 효율성 및 정확성이 향상됨
- 자율주행 시스템 적용 시 운영자 입장에서의 항만 복잡성은 급격하게 상승할 수 있어 자동화 및 수동 시스템 간의 융합 및 인터페이스가 중요함
- 중앙제어 시스템과 자율주행 시스템 간의 상호작용을 고려해야 하고, 독립적으로 결정되야 하는 것과 전역 최적화를 위해 결정되어야 하는 것을 적절히 고려하며 복합적인 의사결정 모형이 필요함
- 마지막으로 자율주행 시스템의 가장 큰 약점은 센서나 카메라가 환경의 영향을 크게 받는다는 것이며 이것을 보완하기 위한 대체 혹은 지원 시스템도 고려해야 함

□ **Terberg 회의 및 공장 방문 사진**



주요 업무내용 (계획( ), 결과(√))

업무유형	■ 현지조사(현장, 전문가 회의) □ 국제행사 주최 □ 국제행사 참가 □ 국제회의(정부대표단) 참석 □ 세미나, 교육, 훈련 □ 기타 ( )
업무④	**10.26.(목) 오전 BTG 방문**
수행계획	□ **BTG positioning system 방문** - **참석자 : (KMI)** 서정용 부연구위원, 이화섭 전문연구원, **(스마트항만)** 안종호 이사, **(BTG)** Daan Potters, Daan Ottevanger **- BTG positioning system 개요** · BTG는 자동화 컨테이너 터미널의 측정 시스템을 개발, 생산 및 설치하는 기업으로 컨테이너 핸들링 장비의 포지셔닝 센서를 제조하는 전문업체임 **- BTG positioning system 방문 목적** · 자동화 컨테이너 크레인의 위치 센서의 최신 동향 조사 · ARTGC 실제 운영을 위해 수집되어야 하는 데이터와 그 수집 방안 조사 **- 방문 결과 활용 계획** · ARTGC의 컨테이너 핸들링을 위한 포지셔닝 정확도와 효율성 향상 방안 연구 · ARTGC 운영 시 안전거리 확보를 위한 포지셔닝 데이터 수집 및 활용 방안 제고
수행결과	□ **자동화 컨테이너 크레인의 위치 센서의 최신 동향 조사** - 자동화 크레인의 위치를 파악하기 위한 센서는 트랜스폰더와 수평센서가 사용되고 있음 - 트랜스폰더 및 수평센서는 크레인 및 호이스트의 위치 및 수평 상태를 파악하는데 효과적임 - 자동화 크레인의 위치 파악을 위한 기술들은 고정밀 GPS, 라이다 및 광학 카메라 등이 있음 - 고정밀 GPS, 라이다, 광학 카메라는 자동화 기술 고도화를 위해 활용 가능성과 다양한 적용 방안이 연구 중이나, 현재는 트랜스폰더와 센서에 의존함(장기간 운영을 통해 검증된 기술) □ **ARTGC 실제 운영을 위해 수집되어야 하는 데이터와 그 수집 방안 조사** - 컨테이너 위치, OD 및 무게 데이터를 기반으로 최적 적재 및 핸들링 방안을 결정함 - 자동화 크레인의 운영에 가장 방해가 되는 기상 조건 및 주변 환경에 대한 외부 데이터를 지속적으로 수집하여 크레인 운영을 항시 모니터링 해야 함 - 크레인 효율성, 에너지 소비 및 유지보수를 위한 크레인 성능 데이터를 수집해야 함 □ **기타 논의 사항** - 지반침하 문제 · AGV를 운영하기 위한 트랜스폰더는 바닥에 설치되기 때문에 지반침하에 따라 측위력이 떨어질 수도 있다는 우려가 있었음. 특히 부산항은 지반이 아스팔트로 되어 있기 때문에 지속적인 자동화 장비의 이동에 따른 지반침하 혹은 국지적인 싱크홀 발생 시 트랜스폰더의 역할을 제대로 수행하지 못할 수도 있다는 우려가 있었음(스마트항만 안종호 이사) · 콘크리트 기반의 항만은 아스팔트보다 침하 정도가 적지만 아스팔트도 콘크리트와 섞는 아스콘 방식으로 보강하는 방식을 취함(BTG 답변) · 국지적 싱크홀과 같은 문제가 발생 시 트랜스폰더를 일부 교체하는 방식으로 해결할 수

주요 업무내용 (계획( ), 결과(√))

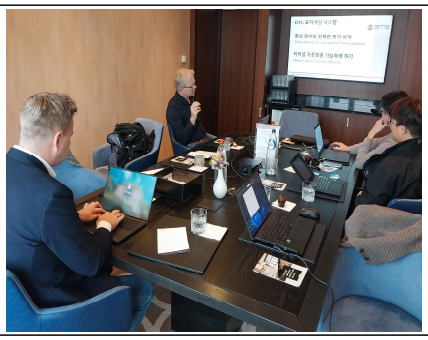
있으며 전반적인 침하문제는 측위 기술 자체에 영향을 주지 않을 것으로 판단됨
· 국지적인 침하가 심하게 발생하면 AGV 뿐 아니라 유인 야드트럭 역시 안전하고 안정적인 주행이 어려우므로, 침하 자체가 자동화 시스템 대신 유인시스템을 선택하는 동인은 아님

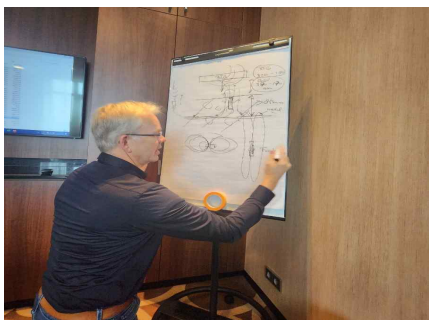
- 트랜스폰더 설치
· 트랜스폰더의 설치는 측량, 마킹, 드릴링, 설치 및 실링 작업으로 구성됨
· 기존의 트랜스폰더 설치는 대부분 인력이 투입되어 작업했으나 현재는 자동 측량기 및 자동 마킹기를 통해 측량된 표면에 트랜스폰더가 설치될 위치를 마킹하는 것을 자동화함
· 자동 마킹기는 크기가 작아(여행용 트렁크 수준) 이동이 편리하고 작업 속도 개선

□ **시사점**

- 현재 트랜스폰더와 수평센서를 주로 사용하는 자동화 크레인의 위치 파악 기술은 정밀 GPS, 라이다 및 광학 카메라와 같은 대체 기술로 발전하고 있음
- 이러한 발전은 장기적으로 ARTGC 운영 정확도 및 효율성을 위해 어떤 위치 파악 기술을 적용해야 할지에 대한 고민이 필요하다는 것을 시사함
- ARTGC의 효과적인 운영을 위해 컨테이너 위치, OD, 무게 데이터 뿐만 아니라 기상 조건 및 주변 환경 데이터를 수집하고 모니터링 하는 것이 중요함
- 또한 ARTGC 운영과 직접적인 접촉점에 있는 AGV의 운영을 위해서는 지반 침하와 트랜스폰더의 설치 및 관리에 대한 노력도 필요함
- 추후 트랜스폰더가 아닌 지속가능하면서 정밀한 위치 파악 기술을 ARTGC에 적용할 경우, 운영 유연성과 정확성을 높일 수 있을 것으로 판단되나 현재는 위치 파악의 정확도를 확보를 위해 트랜스폰더 기반 위치 파악이 가장 효과적인 것으로 판단됨
- 트랜스폰더를 제작·납품만 하는 것이 아닌 설치까지 수행하며, 수십년의 업계 경력을 기반으로 기술과 설치서비스를 고도화하고 있음. 강소업체의 틈새시장 공략의 좋은 예로 생각됨
- 항만과 같이 국가 거점 시설에서 검증된 기술을 활용하는 것이 중요함을 강조함 → 측위기술을 전문으로 하는 국내 기업이 거의 없고, BTG의 시장 점유율(세계 거의 모든 자동화 터미널에 트랜스폰더 공급) 및 업계 경력(30년 이상)을 보았을 때 국내에서 단기에 관련 기술을 개발하고 검증하며 국내외로부터 인정받아 납품하기는 현실적으로 어려움. 장비 국산화를 고려시, 일부 기술(예: 측위)은 BTG 같은 강소 업체와 협업해 수행하는 것이 좋은 방안이 될 수 있음

□ **BTG 회의 사진**





주요 업무내용 (계획( ), 결과(√))

업무유형	■ 현지조사(현장, 전문가 회의) □ 국제행사 주최 □ 국제행사 참가 □ 국제회의(정부대표단) 참석 □ 세미나, 교육, 훈련 □ 기타 ( )
업무⑤	**10.26.(목) 오후 Portwise 방문**
수행계획	□ **Portwise 방문** - **참석자 : (KMI)** 서정용 부연구위원, 이화섭 전문연구원, **(스마트항만)** 안종호 이사, **(BTG)** Daan Potters, Daan Ottevanger, **(Portwise)** Yvo Saanen, Jeroen Kats **- Portwise 개요** · 1996년 TBA 그룹의 계열사로 설립되었으나 2022년 독립, 항만 터미널의 컨설팅 및 시뮬레이션 전문 회사임 · 항만 운영 소프트웨어, 최적화 솔루션 및 지능형 시뮬레이션 모델을 자체 보유, 항만 운영의 최적화 컨설팅 전문 수행 업체임 **- Portwise 방문 목적** · ARTGC 운영을 위한 TOS 시스템 연계 인터페이스 기술 및 노하우 조사 · ARTGC 운영 검증을 위한 시뮬레이션 모델의 정확성 및 신뢰성 확보 방안 조사 **- 방문 결과 활용 계획** · ARTGC 운영 모듈과 TOS의 연계성 확보 및 실시간 데이터 교환 방안 연구 · 검증 시뮬레이션 모델 개선을 통한 정확성 및 효율성 제고
수행결과	□ **ARTGC 운영을 위한 TOS 시스템 연계 인터페이스 기술 및 노하우 조사** - 컨테이너 터미널 운영의 복잡성 이해 필요 · 컨테이너 터미널 운영은 단순한 물리적 작업을 넘어 복잡한 물류 정보에 대한 관리임을 강조함 · 컨테이너 터미널의 운영은 다양한 동적 변수들에 의해 영향을 받으며 이에는 선박의 도착 시간, 컨테이너의 취급, 장비와 공간의 최적화 등이 포함됨 · 이를 위해 TOS에서 선박 및 컨테이너 관련 정보를 적시에 수집, 관리 및 모니터링해야 최적화를 달성할 수 있음 - 자동화와 수동 시스템 간 통합 및 인터페이스에 대한 고민 필요 · 자동화 시스템과 수동 시스템 간의 통합과 균형은 효율성과 유연성을 동시에 달성하기 위해 매우 중요함. 자동화는 효율성을 높이지만, 초기 투자 비용과 유지 관리에 대한 노력이 많이 필요함 · TOS는 이 두 시스템에서 활용하는 데이터를 수집하고 조화롭게 제공하는 것이 중요하며 자동화 및 수동 시스템의 균형을 유지하는 것이 바람직함 □ **RTGC 운영 검증을 위한 시뮬레이션 모델의 정확성 및 신뢰성 확보 방안 조사** - 모의실험 모형 활용 필요

주요 업무내용 (계획( ), 결과(√))

	· Portwise는 모의실험 모형을 통해 터미널 레이아웃, 이송장비 대수, 하역능력 및 장치장 능력 계산 등의 업무를 진행함 · 이러한 시뮬레이션 모형을 통한 검증 및 설계는 RTGC 운영 검증에 중요한 역할을 할 수 있음 · 모의실험 모형은 터미널 운영에서 스케줄링과 작업 순서를 정하는 문제를 효과적으로 해결할 수 있음 · 이를 통해 RTGC 운영 검증을 위한 모의실험 모형의 정확성 및 신뢰성을 확보할 수 있음 - 컨테이너 터미널 스케줄링 문제 · 터미널 운영에서 장비 스케줄링은 매우 중요한 요소로, 이는 선박의 도착, 컨테이너의 적재 및 하역 순서, 장비의 할당 등을 포함함 · 효율적인 스케줄링은 대기 시간을 줄이고, 터미널의 처리량을 최대화하는 데 큰 기여한다고 강조함 □ **기타 논의 사항** - "Box Bay" 저장 전략은 컨테이너를 렉에 저장하는 전략으로 효율적인 공간 활용과 빠른 액세스를 가능하게 하고 터미널 운영 효율성을 극대화할 수 있다고 주장함 · 이 시스템은 특히 선박의 신속한 하역에 유리하며, 특정 패턴이나 순서를 따르는 경우 컨테이너의 이동을 최소화하여 운영 비용을 절감할 수 있다고 논의됨 · 다만 이는 모의실험에서만 검증된 결과이자 새로운 개념의 적재 시스템으로 실제 항만에 적용한 사례는 없음 - 자동화된 장비가 터미널 운영의 효율성을 크게 향상시킬 수 있으며 특히 AGV와 RTG의 사용이 중요하다고 강조함 · 전기화 분야의 변화와 리튬 이온 배터리로의 전환으로 인해 차량 가격과 전체 자본비용(Capex) 위치가 변화함 · 과거에는 전기 셔틀 캐리어가 없었기 때문에 효율성 측면에서 AGV와 비교가 불가했지만, AGV와 자동 셔틀 캐리어 간의 효율성 비교는 배터리 가격 변화로 인해 달라지고 있으며 기술 발전과 가격 변화로 인해 평가가 지속적으로 변화하고 있음 → 다시 말해, 어떤 이송 또는 하역장비가 더 우수한지는 시기와 환경에 따라 다름 · 아시아나 남미 지역에서는 RTG를 사용하는 적용하는 사례가 종종 있지만 이를 효과적으로 활용하는 방법에 대한 지식은 아직 부족한 상태임 · 또한 자동화 장비와 작업자가 상호작용하는 환경에서 안전과 효율성 간 균형을 맞추는 것이 중요함 - 컨테이나 장치위치 결정은 터미널 조건에 따라 다른 규칙이 적용될 수 있음. 일반적으로, 같은 유형의 컨테이너를 특정 Bays에 장치하는 경향이 있고, 크레인 이동을 줄이기 위해 컨테이너를 특정 구역에 집중시키기도 함. 다만, 경우에 따라 리핸들링을 감소시키기 위해 넓은 구역에 낮은 단적수를 유지하며 배치시키기도 함 □ **시사점** - Portwise는 모의실험 모형을 통해 컨테이너 터미널 설계 및 운영에 대한 정량적 평가를 수

주요 업무내용 (계획( ), 결과(√))

행하는 업체로 전 세계의 주요 항만의 레이아웃, 장비 운용 및 자동화 관련 분석을 수행했음

· 터미널 레이아웃, 적정 이송장비의 대수, 하역능력 및 장치장 능력 계산 등을 포함한 다양한 서비스를 제공했으며 전 세계의 80% 이상의 항만 자동화 프로젝트에 관여함

· 자동화 및 현대화 프로젝트, 특히 기존 시설의 자동화에 대한 프로젝트에 중점을 두고 있으며 기존 시설을 현대화하고 자동화하는 방법, 그리고 기존 시설의 운영 효율성을 개선하는 방법에 대해 논의함

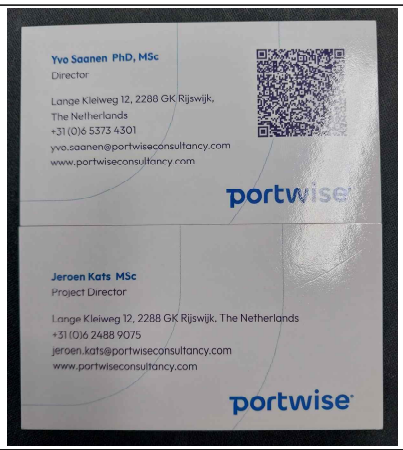
- 자동화 및 항만 운영 최적화 프로젝트의 대한 Portwise의 접근 방식 및 노하우는 ARTGC 운영 시 고려해야 할 필요가 있음
- 특히 복잡한 물류 정보의 관리와 모의실험을 통한 ARTGC 운영 최적화는 실증시험 이전에 반드시 사전에 진행되어야 할 중요한 절차로 생각됨
- 터미널 자동화 및 최적화에는 모든 상황에 맞는 해결책이 없으며, 현지 조건과 요구사항에 맞게 전략 및 세부방안을 수립해야 함

· 자동화는 효율성을 극대화할 수 있는 방안이지만 신중하게 도입 여부를 결정해야 함

· 터미널 운영의 복잡성을 이해하고 효과적인 전략을 개발하기 위해서는 동적 모의실험 수행이 중요함

□ **Portwise 회의 사진**

*** 회의 사진을 찍지 못해 미팅 시 받은 명함으로 대체**



* 업무별 수행 결과는 각 700자 이내로 작성(관련 사진, 도표 필요시 추가)

* 보고서 총 분량은 10페이지 내외로 작성(필요시 조정)