



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

物流學碩士 學位論文

컨테이너 터미널 자동화에 대한  
터미널 운영사와 선사들의 인식 차이 연구

A Study on the Differences of Perception  
between Terminal Operators and Shipping Companies  
about Container Terminal Automation



지도교수 김 율 성

2019年 2月

한국해양대학교 글로벌물류대학원

해운항만물류학과

정 권 재

本 論 文 을 정 권 재 의 物 流 學 碩 士 學 位 論 文 으 로 認 准 함

위원장 : 신 재 영 (인)

위 원 : 김 환 성 (인)

위 원 : 김 율 성 (인)



한국해양대학교 글로벌물류대학원

# 목 차

List of Tables .....	iii
List of Figures .....	iv
Abstract .....	v
<b>제 1 장 서 론 .....</b>	<b>1</b>
1.1 연구의 배경과 목적 .....	1
1.2 연구의 방법 및 구성 .....	2
<b>제 2 장 글로벌 컨테이너 터미널 자동화 현황 .....</b>	<b>4</b>
2.1 컨테이너 터미널의 자동화 개요 .....	4
2.2 글로벌 컨테이너 터미널 자동화 동향 .....	6
2.3 주요 글로벌 컨테이너 터미널 자동화 소개 .....	14
<b>제 3 장 컨테이너 터미널 자동화 관련 선행연구 .....</b>	<b>25</b>
3.1 컨테이너 터미널 자동화 관련 선행연구 고찰 .....	25
3.1.1 컨테이너 터미널 자동화 시스템 선행연구 .....	25
3.1.2 컨테이너 터미널 자동화 도입 필요성 선행연구 .....	27
3.2 시사점 .....	30
<b>제 4 장 실증분석 결과 .....</b>	<b>31</b>
4.1 조사개요 .....	31
4.1.1 설문조사 개요 .....	31
4.1.2 설문응답자 일반통계분석 .....	32
4.1.3 설문조사 주요 항목 .....	33
4.2 분석방법 .....	35
4.2.1 요인분석 및 신뢰성분석 .....	35
4.2.2 T-test분석 .....	36
4.3 실증분석 결과 .....	37

4.3.1 요인분석 및 신뢰성 분석결과 .....	37
4.3.2 요인 및 항목별 t-test 분석결과 .....	42
<b>제 5 장 결 론</b> .....	<b>48</b>
5.1 연구의 요약 .....	48
5.2 연구의 한계 및 향후과제 .....	49
<b>참고문헌</b> .....	<b>50</b>
<b>부 록</b> .....	<b>53</b>



## List of Tables

Table 1	터미널 운영체계 구분 .....	5
Table 2	글로벌 컨테이너 터미널 자동화 터미널 현황 .....	8
Table 3	연도별 항만하역 재해발생 추이 .....	16
Table 4	글로벌 주요항만 자동화 터미널 현황 및 자동화수준 .....	19
Table 5	설문 응답자의 일반적 특성 .....	32
Table 6	설문 응답자의 근속 년수 .....	32
Table 7	설문 응답자의 근무위치 .....	33
Table 8	설문조사 항목별 중요도 .....	33
Table 9	설문문항 요인 .....	34
Table 10	T-test 종류 .....	36
Table 11	설문조사 요인분석 결과 .....	37
Table 12	설문조사 요인분석 및 신뢰도 분석 결과 .....	39
Table 13	요인 및 신뢰도 분석결과 삭제된 설문문항 .....	41
Table 14	터미널 운영사와 해운선사 간 요인별 T-test 분석 결과 .....	43
Table 15	생산성 요인에 대한 항목별 T-test 분석 결과 .....	44
Table 16	서비스향상 요인에 대한 항목별 T-test 분석 결과 .....	45
Table 17	자동화기술축적요인에 대한 항목별 T-test 분석 결과 .....	45
Table 18	비용요인에 대한 항목별 T-test 분석 결과 .....	46
Table 19	안전성 요인에 대한 항목별 T-test 분석 결과 .....	47

## List of Figures

Fig 1 연구의 구성 및 흐름 .....	3
Fig 2 글로벌 자동화 컨테이너 터미널 비율 .....	7
Fig 3 글로벌 컨테이너 터미널 자동화·반자동화 계획 및 개발 현황 .....	8
Fig 4 LBCT의 제로 에미션 프로젝트 .....	15
Fig 5 ARMG 이송장비 .....	18
Fig 6 AGV 이송장비 .....	18
Fig 7 HHLA Container Terminal Altenwerder .....	20
Fig 8 싱가포르 투아스항 .....	21
Fig 9 중국 칭다오항 QQCTN (Qingdao Qianwan Container Terminal) .....	23
Fig 10 중국 양산항(洋山港) .....	23
Fig 11 미래스마트 항만 .....	24
Fig 12 설문조사 응답자 현황 .....	31
Fig 13 안전성 요인 평균비교 결과 .....	47

# A Study on the Differences of Perception between Terminal Operators and Shipping Companies about Container Terminal Automation

Jung, Kwon Jae

Department of Shipping and Port Logistics  
*Graduate School of Global Logistics*  
*Korea Maritime and Ocean University*

## Abstract

With the realization of the 4th industrial revolution, the maritime port logistics industry has also changed rapidly. With the advent of ultra-large vessels, the rapid loading and unloading of containers are likely to improve the competitiveness of container terminals. To meet this requirement, terminal operators are increasingly interested in the Automated Container Terminal because they have the advantage of reducing operating costs and improving productivity. Development and research are being carried out to introduce Automated Container Terminal, but Korea is still in the semi-automatic container terminal level.

The purpose of this study is to compare the recognition difference between container terminal operator and shipping company about the necessity of Automated Container Terminal and to suggest strategic implications for next-generation Automated Container Terminal. For this purpose, this study examined the preliminary research on the need of introducing the Automated Container Terminal system. For the

comparison of recognition difference, we surveyed the container terminal operator and shipping company to analyze the variation of awareness about introduction necessity.

Based on literature research, research methods as set as cost, productivity, automation technology accumulation, safety, and service improvement factors. For the analysis, 158 questionnaires distributed to container terminal operators and shipping companies were collected. The surveys were analyzed using SPSS24.0.

As a result of the independent sample T-test, there is a considerable agreement between container terminal operator and shipping company that there are various advantages in the introduction of Automated Container Terminal as a whole. Mainly, there was a recognition difference in safety factors. First, the terminal operators expected that the incidence of safety accidents would lowered through the introduction of terminal automation, and shipping companies were concerned that they would affect ship departure due to interruption of terminal operation when an error occurred in the automation system. Also, terminal operators expect cyber-security to improve, but the shipping company's position is that there is a concern about delays or interruptions to automated systems such as external hacking or internal system errors and crashes.

The results of this study are expected to be helpful to plan the introduction and operation of Automated Container Terminal in Korea based on the outcome of recognition of the necessity of introduction of Automated Container Terminal.

**KEY WORDS:** Automated Container Terminal(ACT), Terminal Operator, Shipping Company, T-test

# 제 1 장 서 론

## 1.1 연구의 배경과 목적

전 세계 컨테이너 물동량은 세계 경제 성장과 함께 지속적으로 증가하고 있다. 하지만 2010년 이후 컨테이너 물동량 증가율 정체와 컨테이너 선박량 증가 등의 이유로 항만과 선사들의 경쟁이 가속화되고 있는 상황이다. 이러한 상황에서 컨테이너 터미널과 컨테이너 선사들은 가속화되고 있는 경쟁상황에서 살아남기 위한 경쟁우위 전략을 추진하고 있다. 컨테이너 선사들의 대표적인 경쟁우위 전략은 규모의 경제 추구를 위한 선박 대형화와 리스크 분산을 위한 선사 간 인수합병 및 전략적 제휴, 안정적 서비스 제공을 위한 선사전용 터미널 확보 등이다. 마찬가지로 컨테이너 터미널들은 글로벌 선사를 유치하기 위한 경쟁우위 전략으로 광범위한 항만시설 및 장비의 확충, 항만서비스 향상, 효율적인 연계시스템 구축 등에 집중하고 있다.

특히, 컨테이너 선사들은 증가하는 컨테이너 물동량을 보다 효율적으로 운송하기 위하여 초대형 선박들을 투입함으로써 규모의 경제를 꾀하고 있다. 최근 20,000TEU급 초대형 선박에 의한 국제수송서비스가 본격적으로 제공되며, 불안정한 해운 경기에 따라 선사 간 인수·합병이 빈번해지고 대형 얼라이언스 체제로 재편되는 등 해운항만 물류 산업의 경쟁 환경이 급속하게 변화하고 있다. 초대형 선박의 등장과 함께 많은 물량을 처리하기 위한 신속함은 항만 간의 중요한 경쟁요소로 볼 수 있다. 전 세계 주요 항만들에 대한 컨테이너 선사들의 서비스 품질 및 생산성 향상 요구가 높아지는 가운데 이러한 요구에 대응하기 위한 주요 항만들의 허브항만 경쟁은 더욱더 거세어지고, 첨단 장비 도입 및 자동화 시스템 도입이 경쟁력 강화를 위해 이루어지고 있다. 이러한 컨테이너 터미널의 자동화 시스템 도입은 신속한 항만 운송작업과 물류비용 절감, 안전과 환경요인 등을 고려하여 첨단기술을 도입한 새로운 항만 개념이 세계적인 선진 항만 중심으로 변화하고 있다(홍종욱, 2018).

이미 해외에서는 자동화 컨테이너 터미널이 개발 및 운영되고 있는데, 전 세계 처음으로 유럽 로테르담항 ECT(Europe Combined Terminal)을 시작으로

유로막스(Euromax Terminal), 함부르크항 CTA(Container Terminal Altenwerder) 등이 운영되고 있다. 또한, 2015년 로테르담항의 RWG(Rotterdam World Gate)를 비롯하여 3개 터미널이 본격 운영에 들어간 이후 2016년 미국 LBCT(Long Beach Container Terminal), 2017년 아시아 최초 중국 칭다오항의 QQCTN(Qingdao Qianwan Container Terminal), 가장 최근에 개장한 양산항 4기 터미널 등은 완전 자동화 터미널로 개발되어 운영되고 있다.

최근 중국을 중심으로 컨테이너 터미널의 완전 자동화가 진행되고 있는데, 자동화 추진 이유는 다양하게 찾을 수 있다. 특히 자동화 도입 시 다양한 이점을 찾을 수 있고, 다른 일반 컨테이너 터미널보다 생산성, 비용, 운영, 서비스 등에서 경쟁력을 확보할 수 있으며 이는 터미널을 이용하는 고객에게 정시성, 신속성, 안전성을 제공할 수 있기 때문으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 컨테이너 터미널 자동화 도입 필요성과 그 이유에 대해서 탐색적으로 살펴보고자 한다. 또한, 터미널 운영사와 해운선사들의 입장에서 컨테이너 터미널 자동화가 필요한 이유에 대해 인식 차이가 존재하는지 밝히고자 한다.

## 1.2 연구의 방법 및 구성

본 연구는 컨테이너 자동화 터미널에 대한 터미널 운영사와 해운선사 입장에서의 자동화 이유에 대한 인식 차이를 살펴보기 위해 선행연구 고찰과 설문 조사를 통한 실증분석을 병행하였다. 우선, 전 세계 컨테이너 터미널 자동화 현황 및 동향을 살펴보기 위해 Drwery 문헌 자료를 활용하였으며, 선행연구 고찰을 통해 컨테이너 터미널의 자동화 개념 및 필요성 요인을 도출하였다. 마지막으로 터미널 운영사와 해운선사 간 자동화 터미널 도입에 대한 인식비교를 위하여 설문조사를 토대로 독립표본 T-test 분석을 수행하고자 한다.

본 연구는 5개의 장으로 구성하였다. 제1장은 서론으로 연구의 배경 및 목적, 연구의 구성 및 연구방법 등을 설명하였다. 제2장은 글로벌 컨테이너 터미널 자동화 현황 및 동향, 제3장은 컨테이너 터미널 자동화 관련 선행연구를

정리하였다. 제4장은 조사방법 및 실증분석 결과로 설문조사를 바탕으로 T-test분석 및 그 결과를 설명하였고, 제5장에서 결론 및 개선 방향을 제시하였다. 본연구의 구성 및 흐름은 다음 <Fig 1>과 같다.

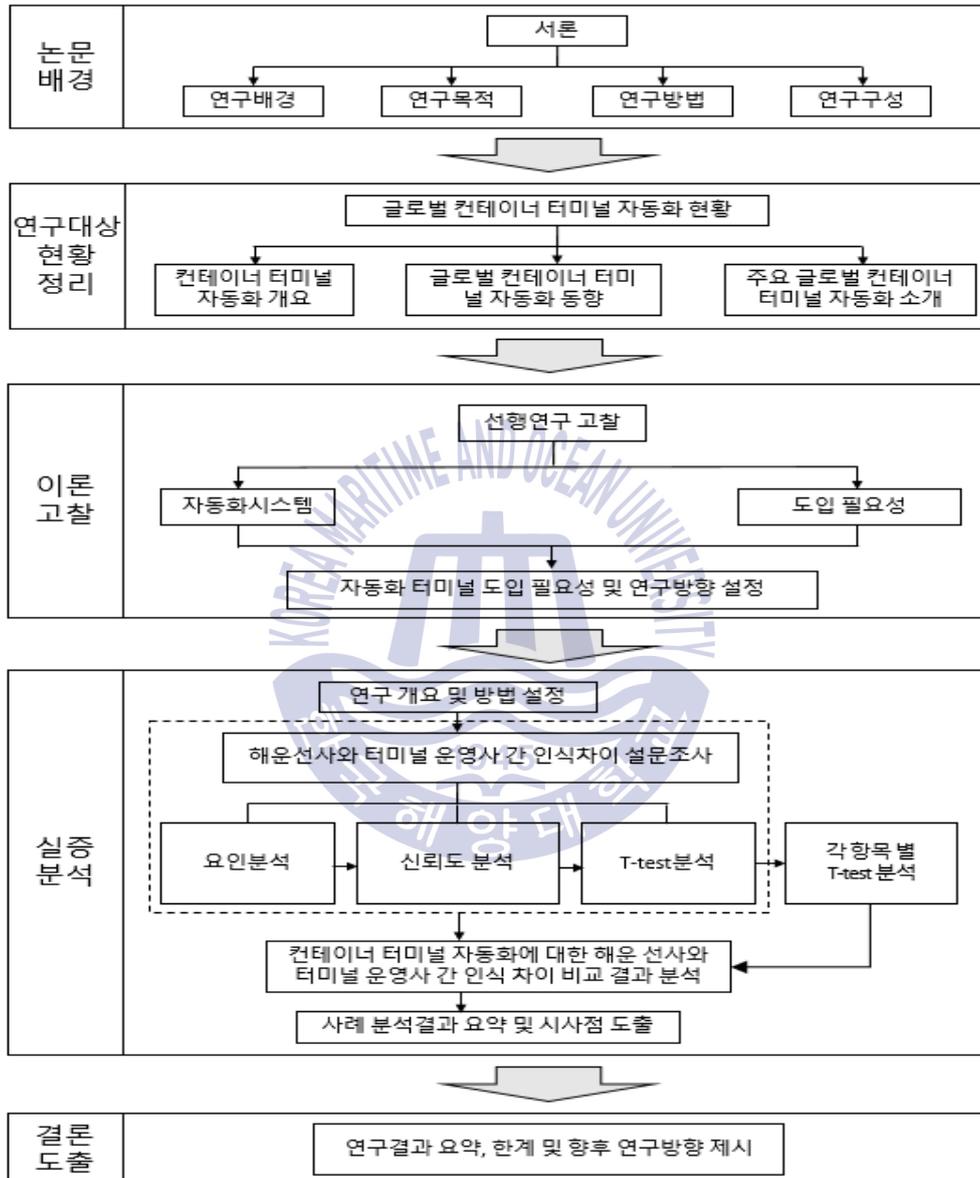


Fig 1 연구의 구성 및 흐름

## 제 2 장 글로벌 컨테이너 터미널 자동화 현황

### 2.1 컨테이너 터미널의 자동화 개요

우리나라에서는 컨테이너 터미널 자동화(Automated Container Terminal; ACT)를 컨테이너 터미널 운영에서 가장 많은 인원을 필요로 하는 작업인 안벽과 장치장 간의 컨테이너 이송, 이송된 컨테이너의 장치작업 및 컨테이너 반·출입 작업에 인력이 투입되지 않고 컴퓨터와 장비로 처리되는 터미널로 정의하였다(김범중, 1997). 우리나라에서는 2006년 초 반자동화(야드 장비 무인화) 컨테이너 터미널을 부산신항 2-1단계 부두와 부산 신선대부두에 도입하여 운영하고 있다. 부산신항 2-1단계에서는 하역 장비 중 하나인 자동화 RMGC를 도입하여 외부 트럭에 컨테이너를 실을 때 원격조정을 통하여 기존 장비에 드는 인력의 20% 미만의 인력으로 운영하고 있다. 또한, 시스템 운영 측면에서 Yard Pooling 시스템을 도입하면서 컴퓨터를 통한 작업 지시와 장비 활용 및 이에 따른 생산성 향상을 기대할 수 있다. 선박의 대형화로 인하여 일정 시간 내 많은 컨테이너를 처리해야 하며 컨테이너의 보관 또한 필요하다. 일시에 많은 컨테이너를 장치할 때 야드 내 컨테이너 위치선정이 체계적으로 이루어져야 하며 장비 간 정확하고 고도화된 정보교환이 필요하다. 신속한 컨테이너의 반·출입을 위하여 장치장 내 게이트의 자동화도 필수적이다. 따라서 컨테이너 양·적하의 생산성 및 장치장 내 효율을 높이고 극대화할 방안으로 컨테이너 터미널 자동화의 도입이 필요하다고 판단된다.

차상현·노창균(2017)은 컨테이너터미널 게이트 반·출입 업무 시 수작업 처리로 이루어질 때 부정확한 자료로 인하여 혼란을 일으키는 것이 문제라고 보았다. 컨테이너 터미널 게이트에서 바코드 시스템으로 인한 처리 시간 소요가 길어지는 불편함과 인적 오류와 안전사고에 대한 문제점을 지적하였다. 따라서 컨테이너 터미널 게이트 부분에서도 자동화 시스템 도입이 필요하다고 강조하였다.

컨테이너 터미널의 자동화는 컨테이너 터미널 운영의 핵심 프로세스인 선

박하역작업, 이송작업, 야드장치작업, 게이트 반·출입 작업의 일부 또는 전부를 자동화한 것을 의미한다. 컨테이너 터미널의 자동화는 자동화의 범주에 따라 다음 <Table 1>과 같이 반자동터미널, 자동터미널, 완전자동화터미널로 구분한다.

Table 1 터미널 운영체계 구분

구분	선석 크레인	이송장비	야드 크레인	게이트
반자동터미널	수동	수동	자동	원격제어
자동터미널	수동	자동	자동	원격제어
완전자동화터미널	원격	자동	자동	원격제어

출처: 해양수산부 (2017), 스마트항만 구축 전략 p.6

영국의 시장조사기업인 테크나비오(Technavio)에 따르면 글로벌 컨테이너 터미널 자동화 시장은 2016년 20.4억 달러에서 2021년에는 62.2억 달러로 연평균 25% 성장할 것으로 예측했다. 미국의 월스트리트저널에 따르면 미국 항만의 미래 모습은 완전 자동화 터미널이 될 것이라고 전망했다. 또한, 최근 초대형 컨테이너 선박이 등장함에 따라 터미널 운영사는 일정 시간 내 처리해야 하는 물동량이 증가하고 있으며 작업의 효율화를 위해 컨테이너 터미널 자동화에 대한 관심이 높아지고 있다. 컨테이너 터미널 자동화는 자동화장비 및 정보시스템 구축을 통해 원활한 작업이 가능하며 많은 물동량에 대해 신속한 처리가 가능하고 효율성을 높일 수 있다. 따라서 컨테이너 터미널 자동화의 도입은 전 세계 항만과의 경쟁력을 키우기 위해 고려해야 할 사항이다.

우리나라는 컨테이너 터미널 자동화 추세에 따라 1998년 해양수산부에서 ‘ACT 개발 추진계획’을 발표하였으며, 컨테이너 터미널 자동화 개발 사업에 대한 타당성 검토 용역 등 다양한 프로젝트가 진행되었다. 현재까지도 ACT에 필요한 터미널 정보구축, 자동화 장비 등 기술개발이 진행 중이다. 또한, 2025년 이후 완전 무인 자동화 하역시스템을 구축하고자 한다.

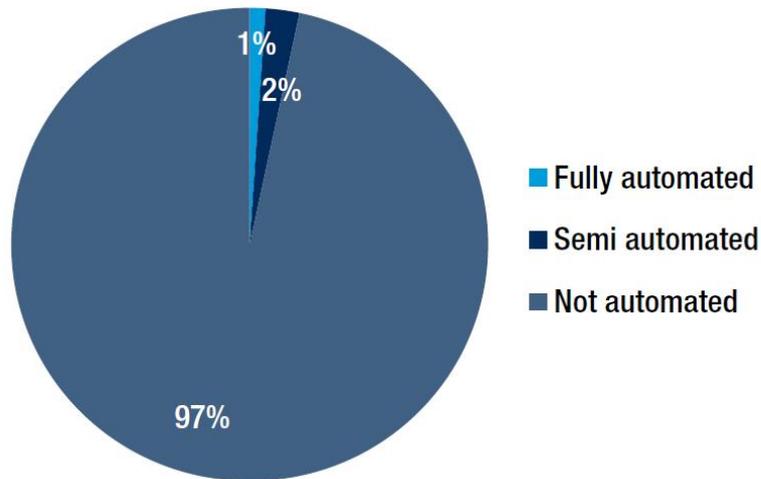
## 2.2 글로벌 컨테이너 터미널 자동화 동향

터미널 운영사들은 재정적인 수익에 대해 초점을 두며 터미널 운영의 최적화를 위해 기존의 터미널을 자동화로 바꾸어 가는 추세이다. 그 이유 중 하나는 터미널 운영사는 근로자의 임금에 대해 많은 관심을 보인다. 대다수 터미널의 인건비는 일반 터미널 45%, 자동화 터미널(ACT)은 25%를 차지하며 컨테이너 터미널 자동화를 통해 인건비를 절감을 기대할 수 있다. 컨테이너 터미널 자동화 도입 시 초기투자비는 일반 터미널보다 약 117% 정도로 높지만, 운영비는 일반 컨테이너 터미널보다 16% 저렴하므로 개장 3~4년 이후 일반 컨테이너 터미널 대비 경제적인 효과를 얻을 수 있는 이점이 있다.

현재 글로벌 컨테이너 터미널 자동화는 44개로(2017년 기준) 독일과 미국의 경우 일부 터미널을 재개발하여 자동화로 전환하였다. 예로 독일 함부르크 항을 운영하는 HHLA는 단계적으로 재개발을 하고 있다. 그중 가장 크고 오래된 컨테이너 처리 시설을 갖춘 부르카르드카이 터미널(CTB)은 Automated Rail Mounted Gantry(ARMG) 야드 블록을 설치하여 터미널을 반자동 시설로 전환 중이며, 미국 로스엔젤레스의 트라팩(TraPac) 터미널은 야드에 Automated Stacking Cranes(ASC)를 사용하여 완전 자동화 시설로 재설비하였다.

OOCL(Orient Overseas Container Line)사의 자회사인 롱비치 컨테이너 터미널(LBCT)의 Middle Harbor 재개발 프로젝트는 ASC와 AGV를 사용하여 D,E,F 구역의 노후화된 기반시설을 개선하고 현대화하며 터미널에 새로운 장비 도입으로 효율성을 증대시킴과 동시에 대기오염을 감소시키기 위해 노력하였다.

전 세계적으로 컨테이너 터미널 자동화를 계획하고 있으며 현존하는 자동화 터미널의 비율은 다음 <Fig 2>와 같다. 컨테이너 완전 자동화 터미널 1%, 반자동화 터미널 2%, 기존의 장비로 운영되고 있는 터미널 97%로 나타났다. 이는 터미널 자동화에 대한 비율이 낮음을 보여주지만, 한편으로는 터미널 자동화에 대해 큰 잠재력과 성장 가능성이 있다는 것을 시사한다.



출처: Drewry Maritime Research, 2018

**Fig 2** 글로벌 자동화 컨테이너 터미널 비율

<Fig 3>과 같이 세계적으로 자동화 또는 반자동화 터미널을 운영하려는 추세로 각국에서 터미널 자동화를 계획하거나 재개발하고 있는 것을 알 수 있다. 현재 완전 자동화 터미널을 운영 중인 국가는 대표적으로 유럽지역의 독일 함부르크, 네덜란드 로테르담이 있으며, 아시아 지역에서는 중국 칭다오, 상하이, 샤먼과 일본의 나고야가 대표적이다. 또한, 반자동화 터미널을 운영 중인 국가는 영국 리버풀, 런던, 미국 롱비치, 대한민국의 부산과 인천, 일본의 도쿄가 있다.



출처: Drewry Maritime Research, 2018

Fig 3 글로벌 컨테이너 터미널 자동화·반자동화 계획 및 개발 현황

2018년 기준 전 세계의 완전 자동화 터미널 또는 반자동화 컨테이너 터미널의 현황은 다음 <Table 2>와 같다.

Table 2 글로벌 컨테이너 터미널 자동화 터미널 현황

Country	Terminal	Yard stack system	Horizontal transport system	Fully or semi-automated	Status
Australia	Brisbane Container Terminals	ASC	SC	Semi	Operational
Australia	Fisherman Islands Container Terminal	ASC	SC	Semi	Operational
Australia	Fishermans Island Berths 8-10	Auto Strad	AutoStrad	Fully	Operational
Australia	Sydney International Container Terminals (SICTL)	ASC	SC	Semi	Operational

Australia	Brotherson Dock North, Port Botany	Auto Strad	AutoStrad	Fully	Operational
Australia	Victoria International Container Terminal Limited (VICTL)	ASC	Automated SC	Fully	Operational
Belgium	Antwerp Gateway	ASC	SC	Semi	Operational
China	Xiamen Ocean Gate Container Terminal (XOCT) *	ARMG	AGV	Fully	Automation of existing terminal (Phase1 operational, Phases2 and 3 underdevelopment)
China	Yangshan Phase 4	ARMG	AGV	Fully	Trial vessels handled 2017
China	Dongjiang	Not confirmed	Not confirmed	Not confirmed	Under development
China	Qingdao New Qianwan Container Terminal (QQCTN)	ARMG	AGV	Fully	Operational
Germany	Altenwerder Container Terminal (CTA)	ASC	AGV	Fully	Operational
Germany	Burchardkai Terminal (CTB)	ASC	SC	Semi	Operational
India	Adani Terminal	Not confirmed	Not confirmed	Not confirmed	Under development
Indonesia	Lamong Bay Terminal	ARMG	IMV	Semi	Operational
Indonesia	Terminal Petikemas Semarang (TPKS)	ARTG	IMV	Semi	Operational

Ireland	Dublin Ferryport Terminals (DFT)	ARTG	Not confirmed	Semi	Planned automation of existing terminal
Italy	Vado Ligure	ARMG	IMV	Semi	Due to be operational in 2018
Japan	Tobishima Pier South Side Container Terminal	ARTG	AGV	Fully	Operational
Japan	Ohi Terminal 5	ARMG	IMV	Semi	Operational
Mexico	Terminal 2 (TEC 2)	ASC	SC	Semi	Operational
Mexico	Tuxpan Port Terminal (TPT)	ARMG	IMV	Semi	Operational
Morocco	Tanger Med 2	ARMG	Not confirmed	Not confirmed	Under development, due to open 2019
Netherlands	Delta Dedicated East & West Terminals (ECT)	ARMG	AGV	Fully	Operational
Netherlands	Euromax Terminal - (Maasvlakt)	ARMG	AGV	Fully	Operational
Netherlands	Rotterdam World Gateway Terminal	ARMG	AGV	Fully	Operational
Netherlands	APM Terminals Massvalkte II	ARMG	AGV	Fully	Operational
New Zealand	Fergusson Container Terminal	AutoStrad	SC	Semi	Automation of existing terminal, due for completion 2019
Panama	MIT	ARMG	IMV	Semi	Operational

Singapore	Pasir Panjang Terminals 1 and 2 (PPT1, PPT2)	OBC **	IMV	Semi	Operational
Singapore	Pasir Panjang Terminals 3 and 4 (PPT3, PPT4)	ARMG	IMV	Semi	Operational
Singapore	Tuas	Not confirmed	Not confirmed	Fully	Planned
South Korea	BNCT Busan Newport Container Terminal	ASC	SC	Semi	Operational
South Korea	Hanjin Newport Company (HJNC)	ARMG	IMV	Semi	Operational
South Korea	Hyundai Pusan Newport Terminal (HPNT)	ARMG	IMV	Semi	Operational
South Korea	Pusan Newport International Terminal (PNIT)	ARMG	IMV	Semi	Operational
South Korea	Pusan Newport Company (PNC)	ARMG	IMV	Semi	Operational
South Korea	Hanjin Incheon Container Terminal	ARMG	IMV	Semi	Operational
Spain	TTI Algeciras	ASC	SC	Semi	Operational
Spain	Barcelona Europe South Terminal (BEST)	ASC	SC	Semi	Operational
Taiwan	Terminal 4/5	ARMG	IMV	Semi	Operational
Taiwan	Kao Ming Container Terminal	ARMG	IMV	Semi	Operational
Taiwan	Taipei Port Container Terminal	ARMG	IMV	Semi	Operational

UAE	Khalifa Port Container Terminal	ASC	SC	Semi	Operational
UAE	Terminal 3	ARTG	IMV	Semi	Operational
UAE	Terminal 4	ARTG	IMV	Semi	Due to be operational in 2018
UK	London Gateway Container Terminal	ASC	SC	Semi	Operational
UK	Thamesport (London)	ASC	IMV	Semi	Operational
UK	Liverpool 2 (Riverside Terminal)	CRMG	IMV	Semi	Operational
USA	Virginia International Gateway	ASC	SC	Semi	Operational
USA	Norfolk International Terminal	ASC	SC	Semi	Under development (partial automation of existing terminal)
USA	Global Terminal	Semi-ARMG***	SC	Semi	Operational (partial automation of existing terminal)
USA	TraPac Terminal	ASC	AutoStrad	Fully	Operational
USA	Long Beach Container Terminal (Middle Harbor Redvelopment Project)	ASC	AGV	Fully	Operational

---

자료: Ports & Terminals Insight (2018.01) Drewry Maritime Research, 2018.

주 : ASC = Automated stacking cranes, AGV = Automated guidance vehicle,  
ARTG = Automated rubber tyred gantry, CRMG = Cantilever rail mounted gantry,  
SC = Straddle carrier/shuttle carrier, IMV = Internal

movement vehicle (tractor/trailer), OBC = Overhead bridge crane, ARMG =  
Automated rail mounted gantry

\* Also known as Yuanhai Automated Container Terminal. Double trolley quay  
cranes will also have significant automation

\*\* Automated overhead bridge cranes are used with terminal IMVs only. External  
trucks are served by manual RMGs.

\*\*\* Part of the yard has semi-automated RMGs and part has conventional RTGs



## 2.3 주요 글로벌 컨테이너 터미널 자동화 소개

컨테이너 터미널 자동화 개념은 1980년대 등장하였다. 네덜란드는 ECT (Europe Combined Terminal)의 마스블락테 구역에 Delta 컨테이너 터미널 자동화를 도입을 추진하였다. 그 결과, 1993년에 컨테이너 터미널 자동화 1세대 Delta Sea-Land를 개장하였다. 다음으로 1996년 Delta Dedicated East를 개장하였고 2002년에는 독일 함부르크 Altenwerder 컨테이너 터미널이 운영을 시작하였다. 네덜란드 로테르담 항을 이어 미국 롱비치항, 중국 칭다오항, 싱가포르 투아스항 등 세계 각 국에서 컨테이너 터미널 자동화를 개발 및 운영 중이다.

컨테이너 터미널 자동화의 장점은 다음과 같다. 첫째, 완전자동화터미널은 기존 터미널과 비교했을 때 운영비(인건비, 동력비 등)를 37% 이상 줄일 수 있다고 판단된다. 운영비뿐만 아니라 생산성 측면에서도 완전 자동화 터미널 도입 시 기존항만과 비교했을 때 생산성을 약 40% 정도 향상 시킬 수 있다. 최근 등장하고 있는 2만TEU급 이상 초대형선에 대응할 수 있는 서비스를 제공하기 위한 필수조건으로 인식되고 있다. 따라서 컨테이너 터미널 자동화는 세계 각국의 터미널 운영사가 선호하는 첨단시스템으로 주목받고 있다.

둘째, 완전자동화터미널 내 배터리방식의 AGV와 전기 동력의 친환경 하역장비를 사용하여 항만 내 오염물질 발생을 최소화 할 수 있는 장점을 갖추고 있다. 기존의 일반 컨테이너 터미널 장치장 내 대다수의 장비는 디젤을 사용하고 있지만, 환경오염에 대한 문제가 대두되면서 친환경 하역장비의 도입을 선호하고 있다. 대표적으로, 미국의 LBCT(Long Beach Container Terminal)에서는 터미널이 환경에 미치는 영향을 줄이기 위하여 북아메리카에서 처음으로 제로 에미션 프로젝트를 개시하였다. 앞서 언급한 대다수의 디젤 장비(QC, AGV, ASC 등)를 터미널 내 전기 시스템을 도입하여 운영하는 추세이다.



출처: Long Beach Container Terminal in Kalifornien, youtube, 2015

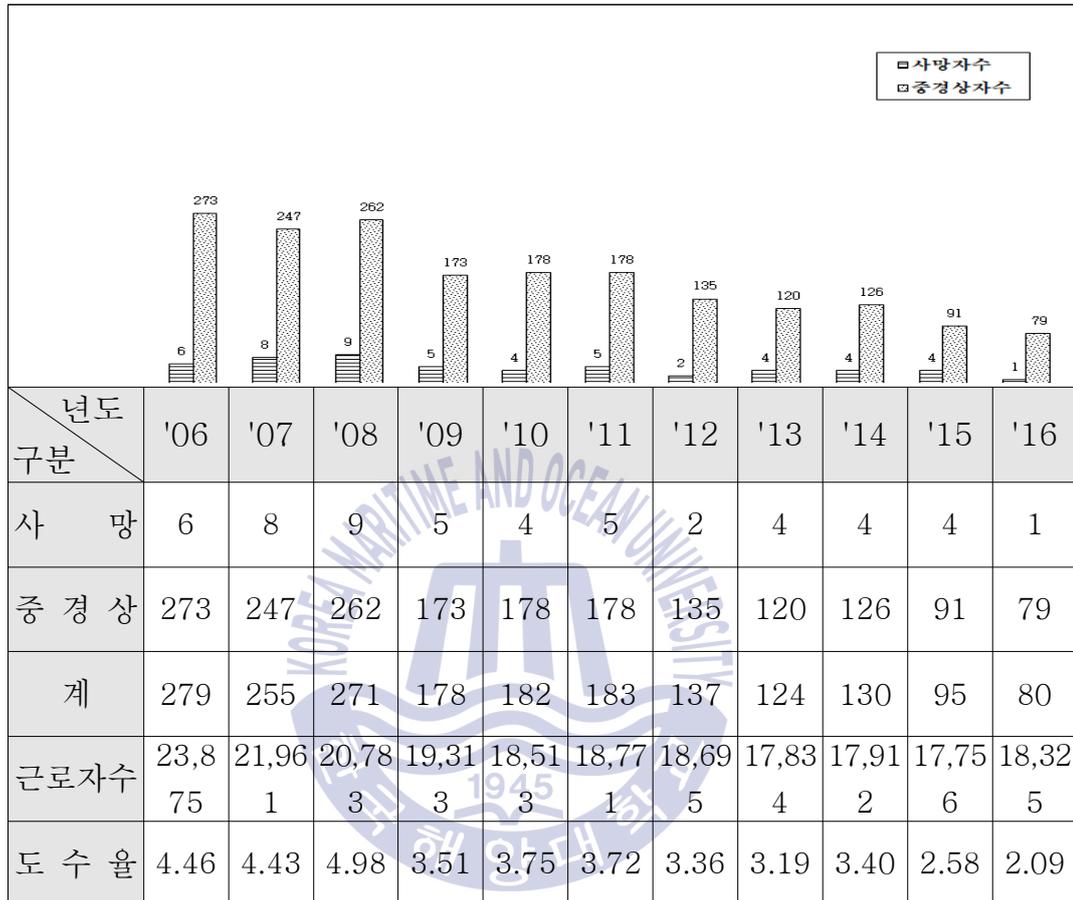
**Fig 4** LBCT의 제로 에미션 프로젝트

셋째, 완전자동화터미널의 무인화는 장비들이 자동으로 운영되기 때문에 사고 발생률 또한 감소시킬 수 있다. 항만 내 장비의 대부분은 이동 장비이며 장비 수가 많을수록 사고 발생률 또한 높아지게 된다. 한번 사고가 발생하면 터미널 특성상 사망자 등 중대 재해로 이어질 가능성이 크다.

다음 <Table 3>과 같이 항만 재해 현황(2006-2016)을 살펴본 결과, 사고사례가 점점 감소하고 있지만 무인화로 운영될 경우 항만 내 장비가 사용되는 영역에서 인적 오류를 통한 사고를 감소시키며 발생 원인을 원천 차단할 수 있다는 이점이 있다.

Table 3 연도별 항만하역 재해발생 추이

단위 : 명



출처: 한국항만물류협회, 2017 재해통계 및 사례집

컨테이너 터미널 자동화의 핵심은 자동화 장비의 운영이다. 자동화 터미널 내에는 컨테이너 크레인, AGV(Automated Guided Vehicle), ARMG(Automated Rail Mounted Gantry) 등 무인으로 조작성이 가능한 자동화 장비를 활용하며 각 장비의 작업계획 및 통제가 실시간으로 운영된다. 이는 생산성 향상 및 인건비 절감과 직결된다. 컨테이너 터미널 자동화에서 컨테이너가 이송되는 방법은 다음과 같다. 야드에서 컨테이너를 이송하기 위하여 ARMG 장비를 사용한다. ARMG는 레일 위에서 작동하며 컨테이너들이 갠트리 방향을 따라 이동한다.

다. 컨테이너 블록 끝에서 AGV에 컨테이너를 적재시킨 후 이를 컨테이너 크레인으로 이송시켜준다. AGV란 안벽과 야드 사이를 주행하는 이송 장비로 무인으로 운영된다. 이 장비는 네덜란드 ECT에서 처음으로 도입에 성공하였다.

스트레들 캐리어(Straddle Carrier)는 ARMG와 AGV의 특징을 동시에 갖추고 있다. 야드에서 컨테이너를 탐색하며 컨테이너 크레인까지 이동할 수 있다. 그러나 이를 사용하게 되면 비용 측면에서 효율성이 낮으며 공간 활용도가 떨어지는 단점이 존재한다. 컨테이너 터미널 자동화를 운영하는 대부분 터미널은 ATC와 AGV의 조합을 이용하고 있으며 국내에서도 이 장비를 활용한 운영을 계획하고 있다.

트랜스퍼 크레인의 한 종류로 ATC(Automated Transfer Crane)는 CTA(Container Terminal Altenwerder)에서 현재 사용하고 있는 장비이며 크기가 큰 ATC와 작은 ATC로 구분된다. 이는 서로 교차 주행이 가능하여 생산성을 높일 수 있으며 Euromax와 광양항에 완전무인자동화에 이 장비를 사용할 계획 중이다.





출처: A PEMA Information Paper, <https://www.pema.org/>

Fig 5 ARMG 이송장비



출처: Port of Hamburg, <https://www.hafen-hamburg.de/>

Fig 6 AGV 이송장비

**Table 4** 글로벌 주요항만 자동화 터미널 현황 및 자동화수준

자동화수준	선박 하역 작업	이송 작업	장치장 작업	국가 및 대륙	주요터미널
반자동화	유인	유인	무인(원격)	한국	부산신항만주식회사 한진부산컨테이너터미널 부산신항국제터미널 현대부산신항만 부산항신항컨테이너터미널 인천선광신컨테이너터미널 한진인천컨테이너터미널
자동화	유인	완전무인	무인(원격)	유럽	로테르담 ECT Delta (네덜란드)
				오세아 니아	멜버른 VICT(호주)
				아시아	샤먼 Ocean Gate(중국) Tuas Port(싱가포르, 개발중)
				북미	IACT(미국, 개발중)
완전자동화	무인(원격)	완전무인	완전무인	유럽	로테르담APMT, RWG(네덜란드)
				북미	롱비치LBCT(미국) LA Trapac(미국, 개발중)
				아시아	칭다오 QQCTN, 양산4단계 (중국)

출처: 한국해양수산개발원(2018,11)

컨테이너 터미널 자동화를 운영하는 대표적인 글로벌 터미널은 다음과 같다.

독일의 함부르크 시에서 항만생산성 증가, 항만서비스 향상, 화물처리 비용 절감을 위하여 자동화 터미널 개발을 추진하였다. 이에 HHLA(Hamburger Hafen and Lagerhaus Corporation)에 Altenwerder 컨테이너 터미널 운영권을 허가하였고, CTA(Container Terminal Altenwerder)는 자동화 터미널 개발을 계획한 3세대 자동화 컨테이너 터미널이다. 1,400m 안벽에 15기의 초대형 컨테이너 크레인을 설치하여 연간 190만TEU를 처리할 수 있는 능력을 갖추고 있다. CTA의 시스템은 복잡한 소프트웨어를 사용하며 운영하고 있으며 실시간으로 적용(real-time application)하기 위한 지속적인 노력과 투자를 하고 있다. AGV는 차량과 차량흐름의 제어가 가능한 AGV Management System(AGV-MS)으로부터 주기적으로 정보를 받아 적합한 차량 선택은 물론 작업 할당도 AGV-MS를 통해 수행할 수 있다.



출처: Port of Hamburg, <https://www.hafen-hamburg.de/>

**Fig 7** HHLA Container Terminal Altenwerder

싱가포르의 투아스(Tuas)항은 연간 6500만TEU 물동량을 목표로 2040년까지 65개 선석을 갖추어 모든 시스템을 완전무인자동화 시스템으로 운영할 계획

중에 있다. TUAS항은 기존의 기술 이외 스마트 기술인 드론기술, 선박추적 및 정시 입항기술 등을 도입하여 실행될 예정이다. 해상에서 대기하는 선박에 다목적 플랫폼이 제공되어 이를 통한 대기시간 동안 입출항수속, 병커링 등의 작업과 드론을 이용한 육상에서 해상으로 물건 배송, 선체의 손상 여부 점검이 가능할 것이다. 현재는 싱가포르 해협에 진입하기 전 선장이 구두로 항만국에 보고하고, 보고에 따라 도선사가 위치를 배정해 주는 형태로 구성되어 운영된다. 향후 정시도착 시스템을 이용하여 선박의 지연 및 대기시간을 줄여 최적의 항만 서비스를 제공할 수 있을 것이다. 또한, 입항을 위하여 각종 제출서류가 필요하기 때문에 복잡하지만, 앞으로는 단일의 정부 포털이 구축되어 디지털 통합이 이루어질 예정이다.



출처:The Straits Times, <https://www.straitstimes.com/global>

**Fig 8** 싱가포르 투아스항

우리나라와 인접한 국가 중국의 상하이항, 칭다오항, 텐진항, 샤먼항의 경우 완전 자동화 수준이 매우 높다. 대표적으로 칭다오항 QQCTN(Qingdao Qianwan Container Terminal)은 2016년 아시아 최초 완전무인자동화 터미널을 개장하였다. 터미널 내 IoT, 빅데이터, 클라우드 등의 기술을 활용하여 설비통제시스템(ECS), 게이트 통제 시스템(GOS), EDI와 예약조회 시스템을 융합하였

다. 터미널 내 이송 장비인 AGV(Auto Guided Vehicle)과 ASC(Automated Stacking Crane) 등 최신식 장비를 갖추었으며 초대형 선박 추세에 따라 극초대형 선박 2만4,000TEU급 선박에 대응할 능력을 갖추고 있다. 자동화 장비 투입 시 인력이 85% 이상 감소가 가능한 것으로 보이는데 현재 칭다오항의 후방통제센터에는 9명이 근무하고 있다는 사실이 인력감소 근거를 제시한다. 이는 기존 현장의 60명 인원을 대체한다고 볼 수 있다. 칭다오항은 컨테이너 터미널 자동화를 통해 항만 효율성 향상뿐만 아니라 인건비 절감이 가능할 것으로 보고 있다.

양산항은 2017년 12월 11일 완전자동화터미널을 개장했다. 양산항 4기 터미널에 근무하고 있는 인력은 총 200명으로 자동화 도입으로 인하여 70%의 인력이 필요하지 않게 되는 셈이다. 사람이 필요한 공정은 오직 QC(Quay Crane)로 선박에서 컨테이너를 옮기는 작업을 한다. 부산항에서는 크레인에서 내려다보며 작업을 진행하지만, 양산항은 사무실에서 원격으로 조종 할 수 있다는 차이점을 보인다. 아직까지는 완성단계로 볼 수 없지만, 현재 AGV는 50대 운영 중이며, 향후 130대를 추가로 도입할 예정이다. 또한, QC 장비는 최대 26기까지, 야드크레인은 120기까지 확대할 방침이다.

샤먼에서는 자동화 터미널인 오션게이트를 운영(2017년 개장)하였다. 이처럼 중국은 항만의 자동화에 대해 지속적인 관심과 발전시키기 위한 노력을 하고 있다.



출처: 글로벌 물류기술 통합정보시스템, <https://www.lotis.or.kr/cm020vNew.do>

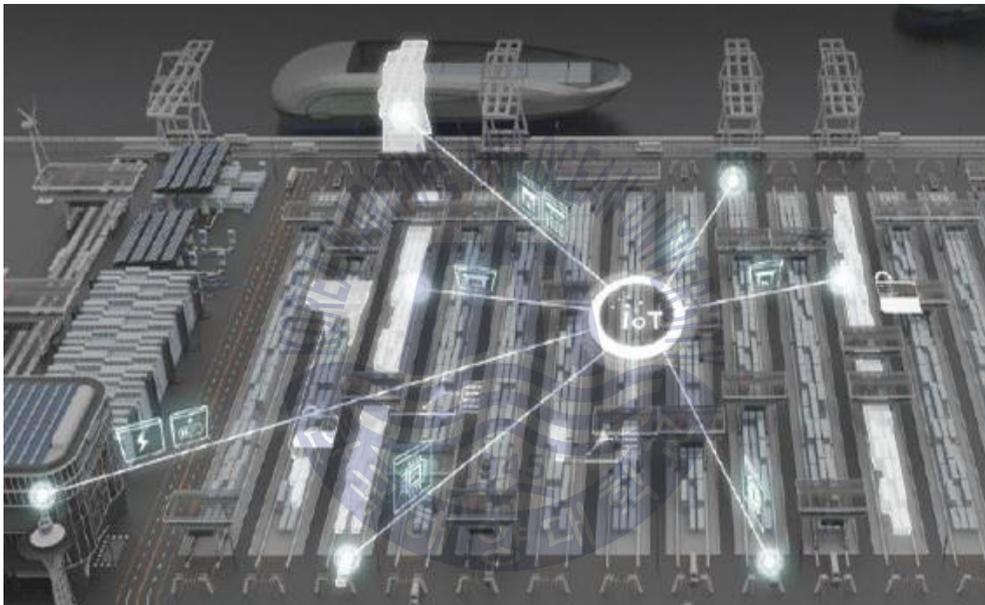
Fig 9 중국 칭다오항 QQCTN (Qingdao Qianwan Container Terminal)



출처: 光明网, <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1608208602492184979&wfr=spider&for=pc>

Fig 10 중국 양산항(洋山港)

우리나라 광양항 역시 컨테이너 하역에서 이송까지 모든 작업 과정을 자동화한 ‘한국형 스마트 항만’ 을 시범적으로 구축하기 위한 계획이 추진 중이다. 항만 자동화 기술을 고도화하며 전 세계 컨테이너 터미널과의 경쟁에 맞서고 항만 자동화에 관련한 국내의 기술을 개발하고 육성하기 위해 정부의 지원도 아끼지 않고 있다. 스마트 항만을 구축하기 위하여 사물인터넷(IoT), 인공지능(AI) 등 높은 단계의 기술을 접목하고자 한다. 터미널 내 이송 장비 QC(Quay Crane), AGV(Auto Guided Vehicle), 터미널 운영프로그램 등으로 구성할 계획이다.



출처: 글로벌 물류기술 통합정보시스템, <https://www.lotis.or.kr/cm020vNew.do>

Fig 12 미래스마트 항만

## 제 3 장 컨테이너 터미널 자동화 관련 선행연구

### 3.1 컨테이너 터미널 자동화 관련 선행연구 고찰

#### 3.1.1 컨테이너 터미널 자동화 시스템 선행연구

Ana María Martín-Soberón et al.(2014)은 네덜란드 로테르담항 ECT Delta 터미널에 자동화가 도입되면서부터 자동화 터미널에 대한 개념이 도입되었고 1993년을 시작으로 런던 템스항, 홍콩국제터미널 6-7 등 자동 및 반자동화 터미널이 글로벌 곳곳에 존재함을 보여주며 컨테이너 터미널은 글로벌 시대의 추세가 자동화라는 것을 제시하였다. 우리나라 부산신항 PNIT 역시 2010년부터 반자동화를 추진하여 운영 중이다. 컨테이너 터미널 자동화는 현대 시대가 요구하는 전략이며 자동화를 통해 안전 및 보안 증대, 환경보호와 더불어 운영성과라는 인센티브를 얻을 수 있을 것을 기대했다. 또한, 컨테이너 터미널 자동화 시스템운영에 대한 통제가 쉬워지므로 의사결정 프로세스의 효율성 또한 높아지는 성과를 기대할 수 있다는 시사점을 나타내었다.

홍종욱(2018)은 우리나라 스마트 항만의 도입배경, 구축 형태 및 성과의 인과관계를 규명하기 위하여 문헌연구와 델파이 분석을 하였다. 항만운영의 효율은 비용 절감과 서비스향상이라는 변수가 인과관계에 큰 영향을 미치는 것으로 결과가 도출되었다. 컨테이너 터미널 자동화의 발전이 우선적으로 되어야하며 자동화, 지능화가 항만운영성과 개선에 직접적 영향을 미침과 더불어 정책성과에도 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이와 같은 연구결과에 따라 우리나라도 미래물류 환경 변화에 대응하는 ‘한국형 스마트항만’ 추진을 위한 검토가 필요하며 세계적 추세에 대응하고 성장할 수 있도록 준비해야 하는 것을 강조하였다.

전영환 등(2008) 항만물류환경 변화에 대응하기 위해 우리나라 컨테이너 터미널 자동화 발전을 위한 핵심요인 고려요소를 선정하는데 목적을 두었다. 국내 자동화 컨테이너 터미널 관련 전문가들을 대상으로 설문조사를 통한 분석

결과 자동화 컨테이너 터미널 발전을 위한 관련 주체는 공공기관, 연구기관/학교, 산업체 순으로 중요하다는 결과가 나왔으며, 각 기관에서 수행해야 할 역할 중 무엇에 우선순위를 두어 추진해야 할지에 대해 AHP 분석기법을 활용하였다. 그 결과, 각 기관의 핵심 역할로 공공기관 같은 경우 정책지원 및 재정지원 등이 2차 요인으로 꼽혔다. 본 연구는 우리나라 컨테이너 터미널 자동화의 중장기 계획수립 시 지침이 될 것으로 보인다.

왕기준 등(2018)은 스마트항만 산업이 다른 산업과의 프로세스 상 전후연계 효과가 뛰어나며 특히 생산성, 부가가치, 고용 측면에서 영향을 미친다고 제시하였다. 이를 검증하기 위해 델파이 분석 및 투입산출 분석을 했다. 스마트 항만산업과 일반항만과 경제적 영향을 비교한 결과 스마트 항만산업에서 생산유발계수, 부가가치 유도 계수, 고용유발계수가 더 높게 나왔음을 밝혔다.

조성우·원승환(2014)은 우리나라의 경우 미래형 친환경 항만의 개발이 다른 어떤 국가에 비해서도 중요하지만 적절한 대비와 대응이 이루어지지 못하고 있다고 보았다. 이에 유럽에서 진행되고 있는 기술 및 R&D 동향을 정리하고 주요 컨테이너 터미널 개발 사례를 정리하고 분석하였다. 유럽의 기술 동향과 항만개발사례를 참고한다면 우리나라의 항만물류시설, 항만 운송 분야는 2만 TEU~3만TEU급 선박의 출현에 대비하여 항만 시설을 정비 및 확장해야 하고 선사들이 요구하는 24시간 혹은 늦어도 36시간 이내 하역을 완료하기 위해 높은 생산성을 갖춘 항만으로 변모해야 한다고 역설하였다. 또한, 이를 위해서 첫째, 새로운 개념의 친환경 자동화 컨테이너 개발을 위해 정부 주도의 R&D 추진이 이루어져야 하고 둘째, 유럽을 뛰어넘는 높은 생산성의 신개념 터미널을 개발하기 위한 목표를 세워야 하며 셋째, 기존의 기술, 인프라, 운영 및 관리 체계 등을 적극적으로 활용해야 한다고 보았다. 우리나라는 자체적으로 인프라, 기술력, 항만운영능력을 확보하고 있고 생산성이 높은 친환경 자동화 컨테이너 터미널 연구 및 개발능력은 이미 충분히 확보된 것으로 판단했다.

Chin-I. Liu 등(2002)은 글로벌 교역량이 증가하면서 항만국은 기존의 장비들을 더 효율적으로 만들 수 있는 방안을 모색하였다. 효율성 및 업무능력을 증가시키고, 미래의 수요를 충족하려는 방법으로 터미널의 업무 속도를 높이기

위한 자동화 기술이 필요하다고 보았다. 본 선행연구는 AGV(Automated Guidance Vehicle), LMCS(Linear Motor Conveyance System), GR(Grid Rail System), AS/RS(Automated Storage and Retrieval Structure)에 대한 장비 시스템 설계, 분석 및 평가를 하였다. 평가방법으로는 각 시뮬레이션 모델을 설정하고 비용모델을 이용하였다. 평가에 따르면 컨테이너 터미널의 자동화는 낮은 비용으로 터미널의 수행능력을 상당히 향상 시킬 수 있다는 결론을 도출하였다. 또한, 앞서 언급한 네 가지 개념 중에서도 특히 AGV 장비가 비용과 생산성 측면에서 가장 효율성이 높다는 결과를 밝혔다.

### 3.1.2 컨테이너 터미널 자동화 도입 필요성 선행연구

김상진(2011)은 컨테이너 선박의 대형화 및 고속화로 인하여 선사들은 높은 수준의 서비스를 요구하고 있지만, 컨테이너 터미널 운영사의 입장에서는 노후화된 장비 또는 시스템의 문제로 인하여 선사들의 요구에 대응하기에는 한계가 있다. 터미널 운영의 경쟁력을 높이기 위해 최신의 자동화 장비 및 시스템을 도입할 필요가 있으며 컨테이너 터미널 자동화를 통한 서비스 및 생산성 향상을 기대할 수 있다. 본 선행연구에서는 기존 터미널이 자동화 터미널로 전환 시 생산성, 비용, 운영 측면에서 효율적인 것으로 나타났으며 신규 컨테이너 터미널 자동화를 건설하는 것보다는 기존의 컨테이너 터미널에 자동화 장비 및 시스템을 도입하여 변환하는 것이 비교적 효율적이라는 결과를 도출하였다.

박춘화(2008)는 컨테이너 터미널 운영비 증가 및 기술 환경의 변화로 인해 자동화 컨테이너 터미널에 대한 관심이 급증하며 경쟁력을 갖추기 위하여 인력 위주 운영방식보다는 저비용 고효율의 첨단 기술을 갖춘 항만이 필요하다고 제시하였다. 이를 통해 인건비 절감, 토지이용률 극대화, 안정적인 하역작업 등이 필요하게 되면서 컨테이너 터미널 자동화에 대한 도입을 고려해야 한다고 했다. 국내 자동화 컨테이너 터미널 도입 분석 결과 투자자 및 터미널 운영사의 관점에서 인건비 절감 실현을 기대할 수 있으며 장기적인 관점으로 보았을 때 투자비용 및 운영비용 대비 생산성 향상에는 큰 매력이 없다고 나

타났다. 따라서 컨테이너 터미널 자동화 도입 시 터미널 운영자의 입장을 고려하는 것도 중요하지만 터미널을 이용하는 이용자(해운선사)의 관점에서 접근해야 하며 컨테이너 터미널 자동화에 대한 분석과 철저한 준비가 필요함을 강조하였다.

Joan Piñol(2014)은 지난 10년 동안 항만 산업에 큰 변화가 있었으며 특히 컨테이너 터미널 자동화 산업에 발전이 있었다. 컨테이너 터미널 자동화 도입을 통해 비용절감, 정확성 및 신속성, 안전성, 안정성을 기대할 수 있다. 컨테이너 이동 시 이송 장비에 대한 비용이 발생하지만, 자동화는 이러한 비용을 줄임으로 인해 컨테이너 터미널 운영사가 선사들에게 경쟁력 있는 가격을 제공할 수 있다. 컨테이너 터미널 자동화는 노동 의존을 감소시키고 비용 절감의 중요성을 극대화한다. 또한, 자동화 장비를 통해 작업시간을 단축해 생산성을 향상시킬 수 있으며 자동화된 구역에서는 보안 관리가 강화될 수 있다. 터미널의 장비는 대부분 이송 장비이며 수작업으로 이루어지지만, 자동화된 터미널은 위험한 작업을 대신에 하며 재해 사고를 줄여나갈 수 있다. 컨테이너 터미널 자동화 시스템으로 안정적인 환경을 구축해 나갈 수 있으며 항만 운영 프로세스가 지속적으로 추진될 수 있다고 분석하였다.

김진우(2010)는 선박의 대형화에 따라 컨테이너 터미널 내 장치장의 효율성을 극대화하는 노력이 필요하며 화물이 증가함에 따라 터미널 운영사는 차별화된 경쟁력을 보유하기 위하여 체계적인 장치 위치선정, 장비 간 정보교환 등을 구축하고자 하는 요구가 많이 발생한다. 또한, 컨테이너 터미널 자동화 구축을 통하여 인건비와 운영비를 절감할 수 있으며 자동화 장비를 도입할 경우 24시간 작동할 수 있으므로 생산성을 향상시킬 수 있으며, 산업재해 대폭 경감 및 항만 신뢰성 향상 등의 효과도 기대할 수 있다고 보았다. 부산신항에서도 유럽의 선진화된 터미널에 견줄 수 있는 자동화 컨테이너 터미널을 구축하여 정상 운영 중에 있고 일부 터미널은 개발 중이다. 이러한 효율성과 생산성이 높은 컨테이너 터미널을 구축하기 위한 노력이 미래의 경쟁력을 갖출 수 있게 한다고 밝혔다.

조성우 등(2014)은 미래 항만환경변화에 능동적으로 대처할 수 있는 편익향

목을 검토·선정하고 기존의 분석 방법론을 수정한 모형을 제시하였다. 그리고 친환경 자동화 컨테이너 터미널의 세 가지 대안(AS/RS, OSS, Sky Rail)에 적용하여 활용 가능성에 대해 검토하였다. 우선 기존에 적용되고 있는 항만투자사업의 경제적 편익항목을 검토하였으며 계량화가 가능하고 미래형 항만특성이 충분히 반영될 수 있는 편익항목을 선정하여 경제성 분석 모형을 미래형 컨테이너 터미널의 개념을 적용하여 분석한 결과 타당성이 있는 것으로 확인되었다. 우리나라도 자동화 컨테이너 터미널 개발을 통해 환경뿐만 아니라 경제 활성화를 위한 비즈니스 모델로 활용할 수 있을 것으로 보았다.

Yvo Saanen(2014)은 다음 세대의 터미널이 가장 최신의 기술과 해결책으로 이점을 누릴 것으로 예측했다. 시뮬레이션을 통하여 오늘날 단시간에 초대형 선박이 신속하게 작업하기 위하여 완전 자동화 터미널이 필요하다고 보았다. 단계적 시뮬레이션 결과 빠른 속도로 운행 가능한 화물트럭을 운용하고 자동화된 터미널을 구축함으로써 생산성이 약 50% 증가함을 보여주었고, 기존의 터미널에서 최신의 기술을 갖춘 새로운 자동화 터미널을 건설하는 것은 높은 비용과 많은 시간을 요구하지만, 자동화 터미널이 갖춘 성능에는 의심할 여지가 없다고 보았다. 따라서 연구자는 기존의 완전자동화 터미널의 기술과 같은 유형으로 시뮬레이션 모델을 이용하여 연구의 당위성을 부여했으며 완전 자동화 터미널의 전망을 낙관적으로 분석하였다.

Mansour Kiani Moghadam(2004)은 자동화 및 반자동 장비 (uayside Crane(QS Cs), Straddle Carriers(SCs), Rubber Tyred Gantry Cranes(RTGs), Rail Mounted Gantry Cranes(RMGCS) 등)가 터미널에 어떤 영향을 미치는지 평가하는 연구를 진행하였다. 본 연구에서는 자동화 장비들의 비용 측면과 생산성 평가에 대하여 강조하였다. Post Pannamax 크레인을 통하여 사이클 타임을 직·간접적으로 감소시킨다는 것을 증명하였다. 일반 컨테이너 터미널과 비교하였을 때, 자동화 장비를 이용하는 터미널과 화물의 총 처리 시간에 상당히 차이가 있는 것을 암시했으며 이는 선박의 대기시간 비용과 연결되는 문제임을 시사한다. 앞서 언급한 터미널 내 자동화 장비가 각각 사이클 타임과 비용에 어떻게 영향을 미치는지 연구하였고 전반적으로 자동화 장비는 컨테이너 터미널

운영에 긍정적인 영향을 미친다는 결론을 도출하였다.

### 3.2 시사점

기존 선행연구와 자동화 터미널 사례 등을 통해 컨테이너 터미널 자동화의 유형과 도입 필요성, 사례 등을 종합적으로 살펴보았다. 우선, 컨테이너 터미널 자동화의 유형으로 반자동화, 완전자동화로 구분되며, 이를 운영하는 기술을 기반으로 효율성 및 생산성 향상을 제고할 수 있다. 글로벌 컨테이너 터미널 자동화 사례로 볼 때 우리나라 항만도 터미널 자동화 인프라를 구축할 필요성이 있다고 판단된다. 이러한 항만운영시스템 구축과 함께 완전자동화 컨테이너 터미널 도입을 목표로 해야 한다. 컨테이너 터미널 자동화 도입 시 다양한 이점을 찾을 수 있고, 다른 일반 컨테이너 터미널에 비하여 생산성, 비용, 운영, 서비스 등 경쟁력을 확보할 수 있으며 이는 터미널을 이용하는 고객에게 정시성, 신속성, 안전성을 제공할 수 있다 판단된다.

본 연구는 컨테이너 터미널 자동화 도입의 필요성 선행연구를 바탕으로 설문조사에 필요성 요소(비용, 생산성, 자동화 기술축적, 안전성, 서비스 향상)를 적용하여 터미널 운영사와 해운선사 간 인식차이를 분석하여 의미 있는 연구 결과를 도출하고자 한다.

## 제 4 장 실증분석 결과

### 4.1 조사개요

본 연구에서는 컨테이너 터미널 자동화의 필요 이유에 대한 터미널 운영사와 해운선사 간 인식 차이 분석을 실시하고자 한다. 이를 위해 부산신항 또는 부산북항의 터미널 운영업체와 부산항에 기항하는 해운선사를 설문 대상으로 설정하였다. 구체적으로 설문조사대상을 해운선사, 컨테이너 터미널 운영사, 해운중개업, 하역업, 운송업, 기타로 구분하였다. 컨테이너 터미널 자동화에 대한 인식 차이 연구를 실시하고자 설문지를 작성한 후 설문조사 대상자에 전자우편을 통해 배부하였다.

#### 4.1.1 설문조사 개요

설문조사는 전자우편을 통해 2018년 11월 15일부터 2018년 12월 17일까지 항만 관련 종사자를 대상으로 약 한 달간 진행되었으며 총 158부를 회수하였다. 이 중 업종에 대한 구분으로 해운선사 74곳, 터미널 운영사 68곳, 해운중개업 2곳, 하역업 1곳, 운송업 2곳, 기타 11곳으로 조사되었다.

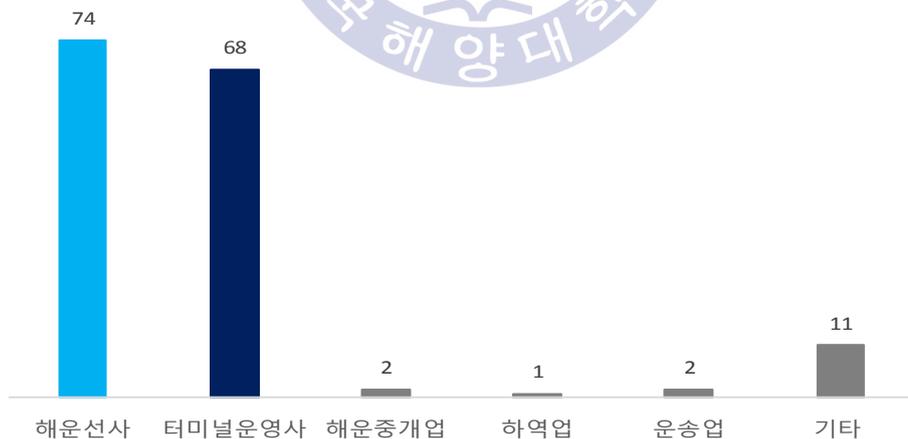


Fig 13 설문조사 응답자 현황

#### 4.1.2 설문응답자 일반통계분석

설문응답자들의 특성을 살펴보면 ‘해운선사’ 47%로 많은 비중을 차지하고 있으며 다음으로 ‘터미널 운영사’ 43%, ‘해운중개업’ 1%, ‘하역업’ 1%, ‘운송업’ 1% 마지막으로 ‘기타’ 7%로 나타났다.

Table 5 설문 응답자의 일반적 특성

설문조사 업종 구분	응답인원	응답비율(%)
해운선사	74	47%
터미널 운영사	68	43%
해운중개업	2	1%
하역업	1	1%
운송업	2	1%
기타	11	7%
총계	158	100

설문에 참여한 응답자의 근속 연수는 ‘10년 ~ 15년’ 47명(30%)로 가장 많았으며, ‘5년 ~ 10년’ 46명(29%), ‘5년 이하’ 42명(27%) 순으로 나타났다.

Table 6 설문 응답자의 근속 연수

설문조사 근속 연수 구분	응답인원	응답비율(%)
5년 이하	43	27%
5년~10년	46	29%
10년~15년	47	30%
15년~20년	9	6%
20년~25년	13	8%
총계	158	100%

다음 설문에 참여한 158명의 응답자 근무지는 ‘부산신항지역’ 95명(60%), ‘부산북항지역’ 44명(28%), ‘기타’ 19명(12%)의 빈도순으로 나타났다. 이에 대한 세부적인 내용은 다음과 같다.

Table 7 설문 응답자의 근무위치

설문조사 근무지 구분	응답인원	응답비율(%)
부산신항지역	95	60%
부산북항지역	44	28%
기타	19	12%
총계	158	100%

#### 4.1.3 설문조사 주요 항목

설문조사에서 컨테이너 터미널 자동화 도입 필요성에 대하여 각 항목별 중요도를 확인하고자 우리나라 컨테이너 터미널 운영사와 해운선사 간의 인식에 대한 차이를 비교하기 위하여 비용, 생산성, 자동화 기술축적, 안전성, 서비스향상에 대하여 질의하였다. <Table 8>과 <Table 9>에서 보는 바와 같이, 본 연구의 설문조사에서는 비용요인 5문항, 생산성요인 5문항, 자동화 기술축적요인 5문항, 안정성요인 5문항, 서비스향상 요인 5문항으로 구성하였다.

Table 8 설문조사 항목별 중요도

요 인	내 용
비용	컨테이너 터미널 내에서 발생하는 비용절감 기대
생산성	컨테이너 터미널 자동화 도입 시 이송장비 및 하역능력의 생산성 향상
자동화 기술축적	컨테이너 터미널 내 자동화 장비도입 시 기술축적 기대
안전성	터미널 내 작업자 안전사고 감소 및 사이버 보안강화 기대
서비스향상	컨테이너 터미널 자동화를 통한 서비스 향상 기대

Table 9 설문문항 요인

요 인	
A1	인건비 절감
A2	항만 하역비 절감
A3	항비 절감
A4	선박 연료비 절감
A5	항내 운송비 절감
B1	안벽 장비(G/C) 생산성
B2	야드이송장비 생산성
B3	야드 크레인 생산성
B4	게이트 반·출입 생산성
B5	하역 생산성
C1	안벽 장비(G/C) 자동화
C2	야드이송장비 자동화
C3	야드 크레인 자동화
C4	야드 트랙터 자동화
C5	게이트 반·출입 자동화
D1	인적오류 예방
D2	사이버 보안 향상
D3	작업자 피로도 관리
D4	안전관리 프로세스 개선
D5	사고건수 감소
E1	온독서비스 향상
E2	구내이적효율 향상
E3	컨테이너 수리량 증대
E4	고도화된 물류 서비스 향상
E5	컨테이너 스와핑 최소화

## 4.2 분석방법

본 연구에서는 컨테이너 터미널 자동화 필요성과 중요성에 대한 터미널 운영사와 터미널 이용자(해운선사)의 인식 차이를 분석하고자 하였다. 먼저, 측정 항목에 대한 요인분석과 신뢰도 분석을 수행한 후 도출된 요인과 항목별 인식 차이를 비교하기 위해 T-test를 실시하였다.

### 4.2.1 요인분석 및 신뢰성분석

컨테이너 터미널 자동화가 필요한 항목에 대해 집중타당성과 판별타당성이 증명되는지 살펴보기 위해 각각의 측정 항목에 대해 요인분석 및 신뢰성 분석을 수행하였다. 신뢰성 분석은 Cronbach's Alpha를 기준으로 하였다. 신뢰도는 반복되는 측정에서 결과가 어느 정도 동일한지 살펴볼 수 있다. 신뢰도를 판단할 때는 크론바흐 알파(Cronbach's  $\alpha$ )의 값을 사용한다. Cronbach's Alpha (크론바흐 알파계수)는 계수가 높을수록 신뢰성이 높은 것으로 판단한다. 크론바흐 알파 값을 구하는 식은 다음과 같다. 여기서  $k$ 는 항목 수,  $\sigma^2_i$ 는 개별항목의 분산,  $\sigma^2$ 는 전체항목의 총 분산을 의미한다.

$$Cronbach\ \alpha = \frac{k}{K-1} \left(1 - \frac{\sigma^2_i}{\sigma^2}\right)$$

보통 사회과학에서는 .6 이상이면 신뢰도에 문제가 없는 것으로 간주하며 내적일관성이 있다고 판단한다. 이는 경우에 따라 높은 신뢰도를 요구할 수도 있다. 구성 개념의 측정 타당성을 검토하고자 요인분석을 활용하였다. 요인분석(factor analysis)은 변수들 간의 상호관계를 분석하며 결과를 통해 문항과 변수들 간의 상관관계 및 구조를 파악할 수 있다. 또한, 변수들이 지닌 정보를 요인으로 나타내는 것을 말한다. 다음으로 독립표본 T-test를 통해 컨테이너 터미널 운영사와 해운선사 간 2개의 표본을 측정하여 분석 후 두 집단을 비교하였다.

### 4.2.2 T-test분석

T-test는 1900년대 초 William Sealy Gosset에 의해 고안되었다. T-test는 특정 그룹의 두 집단 간 평균을 비교하는 통계기법이다. 두 집단의 평균 간 유의한 차이가 있는지 결정해 주는 통계유형으로 귀무가설을 세운 후 가설을 테스트 할 수 있는 도구로 사용된다. T-test는 T-value와 자유도 두 가지 값을 산출한다. t값이 클수록 그룹 간의 성질이 다르다는 것을 나타내며 t값이 작을수록 그룹이 유사하다는 것을 의미한다. T-test는 크게 독립표본 T-test와 쌍표본 T-test로 구분된다. 독립표본 T-test는 두 집단의 수와 상관없이 동일 시점에서 두 집단의 평균을 비교하는 것이다. 쌍 표본 T-test는 동일 집단의 전과 후를 비교하는 것으로 집단의 수가 같아야한다. T-test에서 주의할 점은 검증 결과 신뢰 수준은 계산과정에 의해 결정되는 것이 아닌 연구자의 연구 내용에 따라 결정되며 연구의 목적과 변수의 특성에 따라 연구자의 적용 목적에 의해 T-test 방법이 달라진다.

Table 10 T-test 종류

대상	표본개수	측정횟수	검정방법
평균비교	1개	1회	일표본t검정
		2회	대응표본t검정
	2개	1회	독립표본t검정
	3개 이상	1회	분산분석(ANOVA)
분산비교	1개	1회	$\chi^2$ (카이제곱)검정
	2개	1회	F검정

자료: 제대로 알고 쓰는 논문통계분석(2015)

따라서 본 연구에서는 터미널 운영사와 해운선사 2개 표본을 이용하여 “컨테이너 터미널 자동화에 대한 터미널운영사와 해운선사 간 인식 차이”를 비교하고자 설문조사를 토대로 독립표본 T-test를 분석에 이용하였다. 분석을 통하여 컨테이너 터미널 도입의 중요성과 기대되는 성과 요인을 판단하여 연구의 타당성을 제시하고자 한다.

### 4.3 실증분석 결과

### 4.3.1 요인분석 및 신뢰성 분석결과

본 연구에서 요인분석은 주성분 분석으로 25개 문항에 대하여 같은 개념군끼리 뚜렷하게 분류하기 위하여 Varimax 직각 회전 방식을 이용하여 요인분석을 실행한 결과, 다음 <Table 11>과 같이 나타났다. 총 요인은 6가지로 구분되었으나, 25개 문항 중 요인분석을 통하여 설명력이 낮은 요인 A1, A2, C5를 차례대로 제거 하였다.

Table 11 설문조사 요인분석 결과

설문번호	성분					
	요인1	요인2	요인3	요인4	요인5	요인6
B5	.835	.158	.076	.058	-.012	.077
B3	.826	.096	.040	-.002	.113	.051
B2	.749	.180	.187	.128	.103	-.026
B1	.697	.118	.358	.181	-.091	-.021
B4	.686	.348	.003	.074	-.029	.101
E1	.090	.841	.031	.111	.079	.124
E2	.167	.809	.034	-.171	.032	.075
E5	.230	.727	.050	.043	-.064	.014
E4	.221	.708	.083	.197	.159	-.033
E3	.064	.678	-.052	.273	.164	-.141
C5	.302	.436	.384	.168	.023	.384
C2	.144	.047	.856	.045	.084	-.037
C4	.102	.031	.788	.148	.199	-.046
C1	.099	-.013	.756	.107	.146	.063
A4	.102	.131	.147	.870	-.015	.004
A3	.076	.019	-.038	.820	-.007	.262
A5	.198	.202	.024	.772	.002	.060
D4	-.047	.092	.061	-.002	.815	-.057
D5	.205	-.010	.066	.111	.751	.069
D3	-.053	.170	.120	-.161	.627	.082
D1	.080	.013	.443	.047	.596	-.018
D2	-.181	.033	.345	.420	.422	-.133
A1	-.034	.009	.090	-.018	.118	.833
A2	.160	.037	.000	.319	-.101	.740

앞서 언급한 요인 A1, A2, C5를 제거한 후 2차 요인 분석을 실시한 결과 추출된 5개의 요인의 고유치는 각각 값이 1인 이상이 되는 요인만 추출하였다.

5개의 요소로 구분되어있는 요인1은 컨테이너 터미널 내 장비에 대한 생산성에 관한 내용이 주이므로 생산성으로 지정하였으며 요인2는 터미널 이용자가 받는 서비스로 구성되어 있어 서비스향상으로 지정하였다. 요인3은 장비의 자동화에 관한 내용이므로 자동화 기술축적, 요인4는 인건비, 운영비 등 측면으로 비용으로 지정하였다. 마지막으로 요인5는 터미널 내 발생하는 사고와 보안에 관한 내용이므로 안전성으로 명명하였다.

한편, 질문 문항 22개 요인에 대해 요인분석을 하는 것이 적절한지 판단하기 위한 KMO와 Bartlett 검정결과 KMO .808로  $KMO > .5$ , Bartlett 검정 시 유의확률 .000으로  $P < .05$ 를 만족하므로 진행한 요인분석은 적절한 하다고 볼 수 있다. 신뢰도 분석(Reliability Analysis)을 통해 측정하고자 하는 내용이 일관되는지, 정밀하게 측정되고 있는지에 대한 검사를 진행한 결과 각 5개의 요인의 신뢰도(전체 0.6 이상)는 바람직하다고 판단되었다. 결론적으로 각각의 설문코드가 나타내는 요소는 다음<Table 12>와 같다.



Table 12 설문조사 요인분석 및 신뢰도 분석 결과

설문번호	성분					신뢰도
	요인1 (생산성)	요인2 (서비스 향상)	요인3 (자동화 기술축적)	요인4 (비용)	요인5 (안전성)	
B5	.843	.144	.072	.078	-.014	.861
B3	.830	.085	.041	.006	.118	
B2	.738	.198	.215	.121	.088	
B4	.697	.333	-.003	.086	-.023	
B1	.682	.124	.371	.166	-.092	
E1	.103	.840	.033	.114	.078	.844
E2	.177	.810	.041	-.172	.030	
E5	.235	.731	.058	.047	-.076	
E4	.223	.709	.088	.196	.160	
E3	.053	.687	-.044	.255	.164	
C2	.136	.046	.858	.046	.080	.821
C4	.095	.023	.782	.152	.198	
C1	.095	.001	.772	.110	.127	
C3	.131	.058	.668	-.155	.062	
A4	.095	.132	.145	.869	-.013	
A3	.094	.011	-.049	.844	-.007	.833
A5	.198	.207	.029	.781	-.005	
D4	-.053	.092	.064	-.011	.820	.725
D5	.212	-.014	.069	.124	.746	
D3	-.042	.161	.115	-.155	.635	
D1	.071	.023	.457	.042	.586	
D2	-.198	.036	.344	.407	.425	
KMO (Kaiser-Meyer-Olkin)						
Bartlett's Test of Sphericity				Chi-Square		1547.000
				df(p)		231(.000)

본 연구에서 사용된 변수의 정의는 다음과 같다. 먼저, 비용요인의 측정항목은 ‘항비절감’, ‘선박연료비절감’, ‘항내운송비절감’ 3가지 변수로 구성되어 있다. 항만 내 운영되는 여러 가지 운영비가 컨테이너 터미널 자동화 도입 시 미치는 영향이 운영비 절감을 실현하여 운영성과에 대한 인식과 관련된 사항이다.

생산성은 컨테이너 터미널은 최근 선박의 대형화의 가속화로 초대형선이 등장하면서 처리해야 할 물동량이 많아지게 되었다. 이에 터미널 생산성을 향상시켜 신속성을 높이고자 하며 터미널을 이용하는 해운선사 입장에서도 신속한 물동량 처리를 할 수 있는 항만을 선택하는 요인이 되었다. 이에 대한 측정항목으로 ‘안벽장비 생산성’, ‘야드이송 장비 생산성’, ‘야드크레인 생산성’, ‘게이트 반·출입 생산성’, ‘하역 생산성’의 5개 항목이 변수로 결정되었다.

자동화 기술축적을 통하여 하역 장비 사용과 투입인력을 최소화하여 컨테이너 터미널의 효율성을 높일 수 있다. 최신의 자동화 장비와 정보기술을 통하여 지능형 통합정보시스템을 구축할 수 있으며 기술의 축적으로 고도화된 장비의 운영이 가능하다. 장치장 내 자동화 장비의 기능은 365일 24시간 운영할 수 있으며 주변 환경 변화에 유연하게 대처할 수 있고 실시간 정보 전달 및 정확한 정보제공이 가능할 수 있다. 따라서 측정 항목은 ‘안벽 장비(G/C) 자동화’, ‘야드이송 장비 자동화’, ‘야드 트랙터 자동화’로 결정하였다.

안전성은 터미널 내에서 발생하는 인적오류 및 기계설비의 불안정한 상태와 각종 인적사고, 사이버 보안에 대한 입장을 살펴보고자 한다. 측정 항목은 ‘인적오류 예방’, ‘사이버 보안 향상’, ‘작업자 피로도 관리’, ‘사고 건수 감소’로 결정하였다.

서비스향상은 컨테이너 터미널 운영사는 항만이용자에 서비스 품질을 높이고 신속한 지원과 물류 환경 등의 제공을 통하여 컨테이너 터미널의 경쟁력을 강화 하고자 하는지 살펴보고자 한다. 측정 항목은 ‘온독서비스 향상’, ‘구내 이적 효율 향상’, ‘컨테이너 수리량 증대’, ‘고도화된 물류 서비스향

상’, ‘컨테이너 스와핑 최소화’로 결정하였다.

**Table 13** 요인 및 신뢰도 분석결과 삭제된 설문문항

요인	
A1	인건비 절감
A2	항만 하역비 절감
A3	항비 절감
A4	선박 연료비 절감
A5	항내 운송비 절감
B1	안벽 장비(G/C) 생산성
B2	야드이송장비 생산성
B3	야드 크레인 생산성
B4	게이트 반·출입 생산성
B5	하역 생산성
C1	안벽 장비(G/C) 자동화
C2	야드이송장비 자동화
C3	야드 크레인 자동화
C4	야드 트랙터 자동화
C5	게이트 반·출입 자동화
D1	인적오류 예방
D2	사이버 보안 향상
D3	작업자 피로도 관리
D4	안전관리 프로세스 개선
D5	사고건수 감소
E1	온독서비스 향상
E2	구내이적효율 향상
E3	컨테이너 수리량 증대
E4	고도화된 물류 서비스 향상
E5	컨테이너 스와핑 최소화

## 4.3.2 요인 및 항목별 t-test 분석결과

### (1) 요인별 t-test 분석결과

터미널 운영사와 해운선사 간 인식 차이를 비교하기 위해 각각 터미널 운영사 68개와 해운선사 76개(해운중개업 2개 포함 즉, 해운중개업은 해운 중개를 담당하는 해운 중개인 및 그 영업을 영위하는 사업 정의함으로 해운선사에 포함)를 추출하여 분석하였다.

우선, 5개 요인 중에서 안전성요인이 인식 차이가 존재하는 것으로 나타났으며, 터미널 운영사는 4.24점(5점 리커트 스케일 척도)으로 측정되었고 해운선사의 평균은 3.89점으로 측정되었다. 안전성요인의 평균 차이에 대한 유의수준이 .000으로 유의한 것으로 판단할 수 있으므로 터미널 운영사와 해운선사 간 안전성요인에 대한 인식이 서로 차이가 난다고 판단할 수 있다. 하지만 각 요인별 인식 차이가 존재하지 않는다고 하더라도 요인의 측정항목별 차이가 존재할 수 있기 때문에 다음 절에서는 각 요인에 포함된 항목별 T-test 분석도 동시에 수행하였다.

5개 요인에 대한 T-test 분석결과 <Table 14>와 같이 컨테이너 터미널 자동화를 통해 생산성, 서비스향상, 자동화 기술축적, 비용 요인에서는 터미널 운영사와 해운선사 간에 큰 인식 차이를 보이지 않았고, 안전성 요인에서 평균값에 대한 차이를 보였다. 이는 컨테이너 터미널 자동화가 서비스 제공자와 사용자 모두에게 생산성, 서비스 품질, 비용 측면에서 향상될 것이라는 기대가 있다는 것을 나타낸다. 다만, 안전성 요인에서는 양자 간에 차이를 나타내는데 터미널 운영사의 입장에서는 자동화를 통해 투입되는 인원이 적어지고 인적오류가 예방됨에 따라 터미널 내 재해 사고 감소를 기대하고 있는 것으로 보이고, 해운선사의 경우는 자동화 시스템에 대한 신뢰도가 높지 않아 내·외부적인 요인에 의한 시스템 오류나 충돌 등으로 인한 선박 작업 지연, 컨테이너 야드 장치 지연이나 컨테이너 상하차 및 반·출입 작업 지연 등 터미널 작업 지연에 대한 우려를 나타내고 있는 것으로 보인다.

**Table 14** 터미널 운영사와 해운선사 간 요인별 T-test 분석 결과

구분	평균		표준편차		t	p
	터미널 운영사	해운선사	터미널 운영사	해운선사		
생산성	3.6706	3.7711	.54828	.62028	1.025	.307
서비스 향상	3.3147	3.4053	.60773	.62735	.878	.382
자동화 기술축적	3.9338	3.8388	.56585	.54268	-1.028	.306
비용	3.2646	3.0355	.63228	.83659	-1.836	.068
안전성	4.2412	3.8895	.47575	.54101	-4.121	.000

**(2) 각 요인의 측정항목별 T-test 분석결과**

본 연구에서 제시한 컨테이너 터미널 자동화 필요성 5개 요인(생산성, 서비스향상, 자동화 기술축적, 비용, 안전성)에 대한 항목별 T-test 분석을 실시한 결과는 다음과 같다.

생산성 요인의 측정항목 5개(안벽 장비 생산성, 야드이송 장비 생산성, 야드 크레인 생산성, 게이트 반·출입 생산성, 하역 생산성)에 대한 인식 차이 분석 결과, 게이트 반·출입 생산성에 대하여 두 집단의 각각의 평균 차이에 대한 유의 수준이 .05 이하로 유의한 것으로 판단할 수 있다. 이러한 인식 차이가 발생하는 이유는 터미널 운영사와 해운선사 간 게이트 반·출입 생산성에 대해 인식 차이에 기인한다고 판단된다. 게이트 반·출입 생산성에 큰 차이를 보이는 것은 아니지만 생산성요인 5개 측정항목 중 가장 많은 평균차이를 보이는 이유로 터미널 게이트 반·출입이 컨테이너의 양·적하 및 야드 장치 및 상하차에 직접적인 영향을 미치지 않기 때문으로 판단된다.

Table 15 생산성 요인에 대한 항목별 T-test 분석 결과

구분	평균		표준편차		t	p
	터미널 운영사	해운선사	터미널 운영사	해운선사		
안벽 장비(G/C) 생산성	3.59	3.78	.777.	.810	1.418	.158
야드이송장비 생산성	3.59	3.76	.777	.814	1.315	.191
야드 크레인 생산성	3.68	3.82	.781	.706	1.124	.263
게이트 반·출입 생산성	3.50	3.75	.658	.785	2.057	.041
하역 생산성	3.65	3.75	.728	.835	.784	.434

서비스향상 요인의 항목별 T-test 분석결과 각 항목의 두 집단 간 평균 차이가 거의 없어 서비스향상 부분에서는 두 집단 모두 필요성에 대한 인식차이는 없는 것으로 볼 수 있다. 컨테이너 스와핑은 수출 공컨테이너 상차 시 양하 미검사 공컨테이너가 지정되었을 때 해당 공컨테이너 내부에 손상이 발견되어 다른 공컨테이너로 교체하는 것을 의미한다. 터미널 운영사의 입장에서는 양하 미검사 공컨테이너의 손상 여부는 해당 공컨테이너의 내부를 확인해야만 판단 가능한 부분이므로 다른 4가지 요인에 비하여 터미널 자동화가 미칠 수 있는 영향이 상대적으로 적은 것으로 보았다. 그러나 전체적으로 터미널 자동화가 컨테이너 스와핑 시 시간단축이 되는 것에는 도움이 되므로 해운선사 입장에서는 상대적으로 점수가 높은 것으로 나왔다.

**Table 16** 서비스향상 요인에 대한 항목별 T-test 분석 결과

구분	평균		표준편차		t	p
	터미널 운영사	해운선사	터미널 운영사	해운선사		
온독서비스 향상	3.34	3.42	.840	.844	.570	.569
구내이적효율 향상	3.47	3.62	.782	.823	1.119	.265
컨테이너 수리량 증대	3.12	3.18	.783	.800	.436	.663
고도화된 물류 서비스 향상	3.63	3.50	.781	.785	-1.040	.300
컨테이너 스와핑 최소화	3.01	3.28	.768	1.835	2.119	.036

자동화 기술축적 요인의 항목별 T-test 분석결과는 다음 <Table 17>과 같다. 각 항목의 두 집단 간 평균 차이가 거의 없어 자동화 기술축적 부분에서도 두 집단 모두 필요성에 대한 인식차이가 없는 것으로 분석되었다. 야드이송 장비 자동화 및 야드 트랙터 자동화에 대해서 터미널 운영사는 높은 점수를 줬지만, 해운선사는 상대적으로 적은 것으로 나타난다.

**Table 17** 자동화기술축적요인에 대한 항목별 T-test 분석 결과

구분	평균		표준편차		t	p
	터미널 운영사	해운선사	터미널 운영사	해운선사		
안벽 장비(G/C) 자동화	4.00	3.84	.691	.741	-1.346	.181
야드이송장비 자동화	4.06	3.82	.731	.747	-1.899	.061
야드 크레인 자동화	4.00	3.92	.646	.591	-.781	.436
야드 트랙터 자동화	4.01	3.78	.680	.688	-2.009	.046

마찬가지로 비용 요인의 항목별 T-test 분석결과 각 항목의 두 집단 간 평균 차이가 거의 없어 비용 절감 부분에서도 두 집단 모두 필요성에 대한 인식차이가 없는 것으로 볼 수 있다. 항내 운송비 절감 항목은 터미널 운영사의 입장에서는 비용 절감이 많은 편이라고 보지만, 해운선사의 입장에서는 직접적인 비용 절감 항목으로 보지 않아 상대적으로 점수가 낮은 것으로 판단된다.

**Table 18** 비용요인에 대한 항목별 T-test 분석 결과

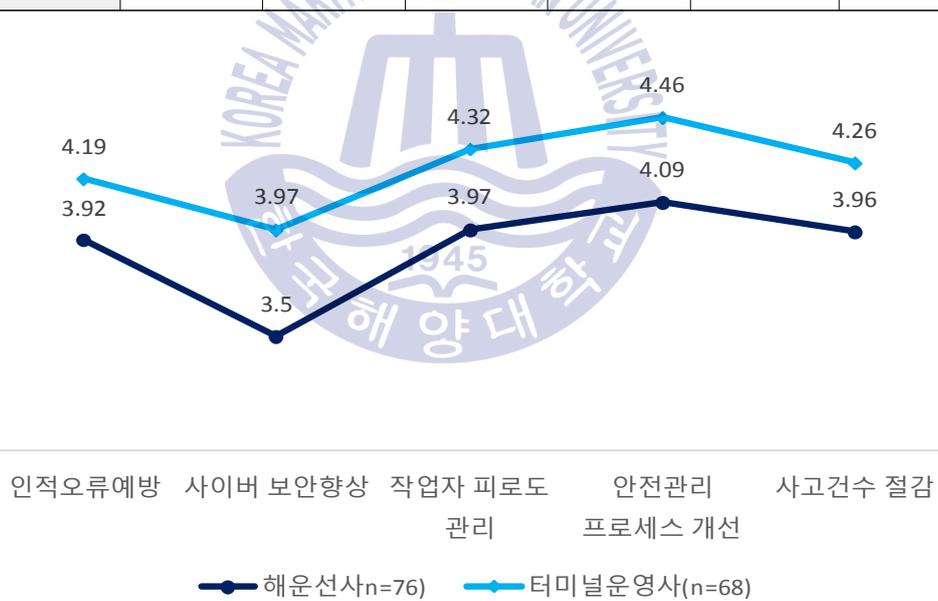
구분	평균		표준편차		t	p
	터미널 운영사	해운선사	터미널 운영사	해운선사		
항비 절감	3.37	3.07	.771	1.127	-1.865	.064
선박 연료비 절감	3.09	2.96	.805	.835	-.934	.352
항내 운송비 절감	3.34	3.04	.725	.883	-2.185	.031

안전성 요인의 5개 측정항목에 대하여 T-test를 실시한 결과 전반적으로 모든 항목에서 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 분석되었다. 이는 안전성 요인에 포함된 5개 항목(인적오류 예방, 사이버 보안 향상, 작업자 피로도 관리, 안전관리 프로세스 개선, 사고건수절감)에 대하여 터미널 운영사와 해운선사 간의 차이가 있다는 것을 나타낸다. 첫째, 터미널 운영사는 터미널 자동화 도입을 통해 터미널 내 사고 발생률이 현저히 낮아질 것으로 기대하지만, 해운선사는 터미널 내 인적오류보다는 자동화 시스템의 오류에 의한 터미널 작업 중단이 선박 출항 지연 등에 영향을 미칠 것을 우려하는 것으로 보인다. 둘째, 사이버 보안의 경우 터미널 운영사는 사이버 보안이 향상될 것으로 기대하지만, 오히려 해운선사는 해킹, 시스템 충돌 등의 자동화 시스템에 대한 내·외적인 요인에 의한 터미널 작업 중단을 우려하는 등의 차이가 있다고 판단된다. 셋째, 자동화율이 높은 터미널의 경우 상기 요인들에 의한 작업 지연이나 작업 중단 시 시스템을 복구하기 위해 걸리는 시간과 노력이 자동화율이

상대적으로 낮은 터미널보다 더 많이 필요할 것으로 보이기 때문에 이러한 인식 차이를 보이는 것으로 판단된다.

**Table 19** 안전성 요인에 대한 항목별 T-test 분석 결과

구분	평균		표준편차		t	p
	터미널 운영사	해운선사	터미널 운영사	해운선사		
인적오류예방	4.19	3.92	.783	.762	-2.155	.033
사이버 보안향상	3.97	3.50	.791	.775	-3.603	.000
작업자 피로도 관리	4.32	3.97	.679	.816	-2.806	.006
안전관리 프로세스 개선	4.46	4.09	.656	.751	-3.100	.002
사고건수 절감	4.26	3.96	.785	.756	-2.368	.019



**Fig 14** 안전성 요인 평균비교 결과

## 제 5 장 결 론

### 5.1 연구의 요약

전 세계 컨테이너 물동량의 지속적인 증가에 대응해 해운선사들은 초대형 선박을 투입하여 규모의 경제를 이루기 위해 노력하고 있다. 그 결과 한 번에 많은 물량을 신속하게 처리하기 위해 전 세계 주요항만들에 대한 서비스 품질 및 생산성 향상 요구가 높아지고 있고, 각 항만은 경쟁력 향상을 위해 터미널 자동화를 도입하고 있는 추세이다. 현재 전 세계 자동화 터미널은 기존 터미널을 재개발한 것과 신규로 건설한 것을 포함하여 44개(2017년 기준)로 자동화 터미널의 비율은 전체 컨테이너 터미널의 3%를 차지한다.

본 연구에서는 컨테이너 터미널 자동화와 관련하여 부산항 컨테이너 터미널 운영사와 부산항에 기항하는 해운선사들의 입장에서 컨테이너 터미널 자동화가 필요한 이유에 어떠한 인식 차이가 존재하는지 밝히고자 하였다. 설문을 통한 실증분석결과 컨테이너 터미널 자동화 도입 시 다양한 이점을 찾을 수 있다는 것에 터미널 운영사와 해운선사가 상당 부분 인식을 같이 하고 있다는 것을 알 수 있었다. 특히, 일반 컨테이너 터미널에 비하여 생산성 향상, 서비스향상, 자동화 기술축적, 비용 절감 등의 경쟁력을 확보할 수 있으며 이는 터미널을 이용하는 고객에게 정시성, 신속성, 경제성을 제공할 수 있다는 기대를 하고 있는 것으로 판단된다.

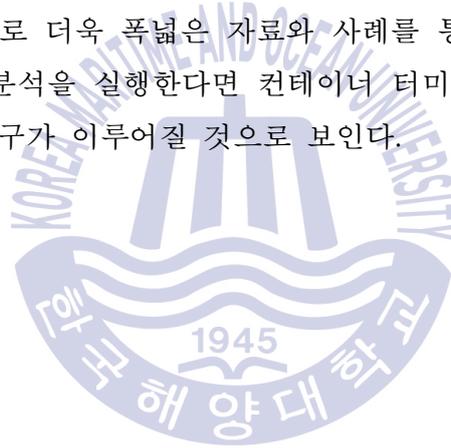
컨테이너 터미널 자동화 필요요인 5가지 중에서 안전성 요인에서 인식 차이를 보였는데, 이러한 차이를 보인 이유로 첫째, 터미널 운영사는 터미널 자동화 도입을 통해 인적오류 예방 및 작업자 피로도 개선을 통한 터미널 내 사고 발생률이 현저히 낮아질 것으로 기대하지만, 해운선사는 터미널 자동화 시스템의 오류에 의한 터미널 작업 중단이 선박 출항 지연 등에 영향을 미칠 것을 우려하는 것으로 보인다. 둘째, 터미널 운영사는 사이버 보안이 향상될 것으로 기대하지만, 해운선사는 외부에서의 해킹 또는 내부의 시스템 오류 및 충돌 등의 자동화 시스템에 대한 내·외적인 요인에 의한 터미널 작업 지연 및 중

단을 우려하는 등의 차이가 있는 것으로 판단된다. 셋째, 장비 및 시스템의 오류에 대하여 유지보수와 점검이 필요한 상황이 발생 시 시스템을 복구하기 위해 걸리는 시간과 노력이 자동화율이 상대적으로 낮은 터미널보다 더 많이 필요할 것으로 판단된다.

## 5.2 연구의 한계 및 향후과제

본 연구는 부산항의 컨테이너 터미널 운영사와 부산항에 기항하는 해운선사의 입장에서 터미널 자동화의 필요성에 대한 어떠한 인식 차이를 실증 분석하였다. 하지만 본 연구에서는 탐색적인 차원에서 자동화 터미널의 필요 요인에 대한 인식 차이만을 살펴보고자 하였으나 터미널 성과 및 기대효과 등과 연계한 인과관계 분석도 추가적으로 필요하다고 판단된다.

향후 각각의 요인별로 더욱 폭넓은 자료와 사례를 통해 다양한 분석방법을 도입하고 심도 있는 분석을 실행한다면 컨테이너 터미널 자동화에 대한 보다 구체적이고 타당한 연구가 이루어질 것으로 보인다.



## 참고문헌

### 논문

김범중, 1997, 자동화 컨테이너 터미널 운영 동향, *해운산업연구*, Vol.150, pp.50-58.

이충섭, 김점희, 2011, 컨테이너터미널의 경쟁요인과 고객서비스 및 항만 특성이 균형성과에 미치는 영향, *산업경제연구*, Vol.24, No.4, pp.2301-2321.

송만순, 2004, 우리나라 자동화 컨테이너터미널 개발 계획, Vol 4, pp.515-535.

Rui Yang, Weiwei Zhu, 2015, Research on the Management-Control Integration(MCI) System Technology for Automated Container Terminal(ACT), Vol.2, No.3, pp.84-88.

조성우, 원승환, 최상희, 2014, 자동화 컨테이너 터미널의 하역 시스템에 따른 경제성 분석, *한국항만경제학회*, Vol.30, No.3, pp.121-140.

조성우, 원승환, 2014, 유럽의 자동화 항만 구축 성공사례를 통한 우리나라의 미래형 항만 구축 방안에 관한 연구, *Journal of European Union Studies*, Vol.-, No.38, pp.205-236.

yvo Saanen, Arjem de Waal, 2014, Optimizing automated container terminals to boost productivity.

송계의, 한철환, 2007, 항만의 환경오염 저감 방안에 관한 연구, *한국항만경제학회지*, Vol.23, No.1, pp.95-113.

Ana María Martín-Soberón, Arturo Monfort, Rafael Sapiña, Noemí Monterde , David Calduch, 2014, Automation in Port Container Terminal, *Social and Behavioral Sciences*, No.160, pp.195-204.

전영환, 최형림, 유동호, 윤수진, 2008, 우리나라 자동화 컨테이너터미널 발전을 위한 핵심요인 분석에 관한 연구, *한국항만경제학회*, Vol.24, No.4,

pp.97-114.

Jun Wang Ki, Lee Min-Kyu, Choi Jae-Young, 2018, Impact of the smart port industry on the Korean national economy using input-output analysis, *Transportation Research Part A*, Vol.118, pp.480-493.

이상완, 최형립, 박남규, 박병주, 권해경, 유동호, 2002, 자동화 컨테이너터미널에서 운송장비의 운영방안에 관한 연구, *한국산업정보학회 추계공동학술대회*, Vol.2002, No.1, pp.296-303.

Chim-I. Liu, Hossein Jula, Petros A. Ioannou, 2002, Design, Simulation, and Evaluation of Automated Container Terminals, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation System*. Vol.3, No.1. pp.12-26.

## 보고서

한국해양수산개발원, 2017, KMI동향분석 ‘4차산업혁명의 침범!, 로봇틱 스마트 항만이 현실로 -한국, 완전무인자동화 항만세계흐름따라가야-’ Vol.31.

여수광양항만공사, 광양항 항만운영정보 컨테이너 부두건설 제4장 컨테이너부두 운영시스템.

한국해양수산개발원, 2004, 자동화 컨테이너터미널 ATC 운영시뮬레이션 설계, Vol.19, No.1, pp.79-97.

## 인터넷자료

T-test개념, INVESTOPEDIA, <https://www.investopedia.com/terms/t/t-test.asp>. [Assessed 22 November 2018].

Amanda Tran, 2016, *Automation at the Port of Long Beach*, NAIOP, [Assessed 16November 2018].

T-test, <http://www.rsinfo.co.kr/staticmethod/ttest.htm>, [Assessed 22 November 2018].

머니투데이, 2018, 해수부, 광양항에 '한국형 스마트항만' 시범 구축, [Assessed 23 December 2018].

Joan Piñol, 2014, *Reasons Why Container Terminal Automation is Necessary*, [Assessed 17 November 2018].

## 학위논문

홍종욱, 2018. *스마트항만 도입 결정요인과 성과에 관한 연구*, 박사학위논문, 서울;중앙대학교 대학원.

김진우, 2010, *한국형 자동화 컨테이너 터미널 현황 및 글로벌화*, 석사학위논문, 부산;국해양대학교 해사산업대학원.

박춘화, 2008, *부산신항 2-3단계 자동화 컨테이너 터미널 도입 계획 분석을 통한 항만 경쟁력 향상 방안*, 석사학위논문, 부산;국해양대학교 해사산업대학원.

Mansour Kiani Moghadam, 2006, *The Impact of Automation on the Efficiency and Cost Effectiveness of the Quayside and Container Yard Cranes and the Selection Decision for the Yard Operating Systems*, Degree of Doctor of Philosophy, UK;School of Engineering Liverpool John Moores University.

김상진, *컨테이너 터미널의 효율적인 야드 자동화 도입방안*, 석사학위논문, 부산;한국해양대학교 해사산업대학원.

## 부 록

### 컨테이너 터미널 자동화에 대한 터미널 운영사와 선사들의 인식 차이 연구

안녕하십니까?

저는 한국해양대학교 글로벌물류대학원 해운항만물류학과에서 연구하고 있는 학생으로 학위논문을 준비하는데 필요한 자료를 수집하고자 설문조사를 하게 되었습니다.

연일 계속되는 격무에 수고하시는 와중에도 본 조사에 참여해 주셔서 감사드립니다.

본 설문지에 기재된 내용은 오직 통계처리를 위한 자료수집의 목적으로만 사용될 것이며, 개인의 의견에 관한 사항은 어떠한 경우에도 공개되지 않습니다.

설문지에 대한 문제점이나 의문점은 아래의 연락처로 연락을 주시면 즉각 답변해 드리겠습니다. 바쁘시겠지만 귀하의 진솔한 응답을 부탁드립니다.

아울러 귀하의 무궁한 발전을 기원합니다.

2018년 11월

한국해양대학교 글로벌 물류대학원 해운항만물류학과 정 권 재 배상

문의 : 010-9551-6369

연락처 : [meeso79@gmail.com](mailto:meeso79@gmail.com)

### 컨테이너 터미널 자동화 개요

2016년 세계경제포럼(WEF: World Economic Forum)에서 화두가 된 제4차 산업혁명을 통해 항만 작업 프로세스를 정형화·무인화·자동화하여 작업효율을 제고시킬 것으로 기대됩니다.

2017년 5월 중국 칭다오항의 완전 무인자동화터미널이 개장했고, 이는 네덜란드 로테르담항과 미국 롱비치 항에 이어 세계 3번째입니다. 최근 3년 사이에 유럽, 미주, 아시아 지역에 친환경 기반의 완전 무인자동화터미널이 개장했습니다. 컨테이너 터미널의 자동화는 하역작업 시간을 단축하고 비용을 절감하는 효과가 있는 것으로 알려져 있습니다.

부산신항지역의 컨테이너 터미널은 안벽 크레인 작업을 제외하고 대부분의 영역에서 자동화가 가능합니다. 컨테이너 터미널 자동화 추세에 부응하여 터미널 운영사와 선사들의 자동화에 대한 인식 차이를 실증 분석하여 부산신항지역에 적합한 터미널 자동화의 정도를 알아보고자 합니다.

기본정보	업 종	<input type="checkbox"/> 해운선사 <input type="checkbox"/> 터미널 운영사 <input type="checkbox"/> 해운중개업 <input type="checkbox"/> 하역업 <input type="checkbox"/> 운송업 <input type="checkbox"/> 기타
	귀하의 근속 년수를 선택해 주세요.	
	<input type="checkbox"/> 5년이하 <input type="checkbox"/> 10년이하 <input type="checkbox"/> 15년이하 <input type="checkbox"/> 20년이하 <input type="checkbox"/> 25년이하	
	귀사가 위치한 곳을 선택해 주세요.	
	<input type="checkbox"/> 부산신항지역 <input type="checkbox"/> 부산북항지역 <input type="checkbox"/> 기타(        )	

1. 부산신항지역 컨테이너 터미널 자동화 도입 필요성에 대한 각 항목별 중요도를 체크해 주십시오.

요 인	요 소	중요도					
		매우 높음	높음	보통	낮음	매우 낮음	
비 용	A1	인건비 절감	⑤	④	③	②	①
	A2	항만 하역비 절감	⑤	④	③	②	①
	A3	항비 절감	⑤	④	③	②	①
	A4	선박 연료비 절감	⑤	④	③	②	①
	A5	항내 운송비 절감	⑤	④	③	②	①
생산성	B1	안벽 장비(G/C) 생산성	⑤	④	③	②	①
	B2	야드이송장비 생산성	⑤	④	③	②	①
	B3	야드 크레인 생산성	⑤	④	③	②	①
	B4	게이트 반·출입 생산성	⑤	④	③	②	①
	B5	하역 생산성	⑤	④	③	②	①
자동화 기술축적	C1	안벽 장비(G/C) 자동화	⑤	④	③	②	①
	C2	야드이송장비 자동화	⑤	④	③	②	①
	C3	야드 크레인 자동화	⑤	④	③	②	①
	C4	야드 트랙터 자동화	⑤	④	③	②	①
	C5	게이트 반·출입 자동화	⑤	④	③	②	①
안전성	D1	인적오류 예방	⑤	④	③	②	①
	D2	사이버 보안 향상	⑤	④	③	②	①
	D3	작업자 피로도 관리	⑤	④	③	②	①
	D4	안전관리 프로세스 개선	⑤	④	③	②	①
	D5	사고건수 감소	⑤	④	③	②	①
서비스 향상	E1	온독서비스 향상	⑤	④	③	②	①
	E2	구내이적효율 향상	⑤	④	③	②	①
	E3	컨테이너 수리량 증대	⑤	④	③	②	①
	E4	고도화된 물류 서비스 향상	⑤	④	③	②	①
	E5	컨테이너 스와핑 최소화	⑤	④	③	②	①

설문에 참여해 주셔서 대단히 감사합니다.

## 감사의 글

입학한 게 엇그제 같은데 어느새 2년이 다 되었습니다. 이제 이 짧은 여정이 끝나고 새로운 시작을 해야 한다고 생각하니 기대 반 설렘 반입니다. 처음 만나 어색했던 시간은 잠시, 이내 시간이 흐를수록 서로 간에 킁킁이 쌓이는 우정을 확인할 수 있었습니다. 짧지 않은 시간 동안 많은 일이 있었고, 좋은 사람들을 만나서 서로 어깨를 나란히 하며 동행할 수 있었던 좋은 추억들로 가득 차 있습니다.

빛나는 꽃의 양식을 품은 흙 한 줌보다 훨씬 많은 것을 가진 제가 과연 반듯한 책 한 권 논문으로 낼 수 있을까 고심했던 시간이 많은 분의 관심과 도움으로 결실을 보게 되었습니다.

먼저, 격무에 시달리면서도 항상 관심을 가져주시고 격려와 조언을 아끼지 않으신 김울성 교수님께 존경과 감사를 드립니다. 논문의 완성도를 높여주신 심사위원 신재영 교수님과 김환성 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

그 외에도 지난 2년 동안 수업 및 여러 기회를 통하여 깊이 있는 학문과 풍부한 경험을 전수해주신 해운항만물류학과 모든 교수님께도 지면으로 인사를 대신합니다.

또한, 바쁜 업무와 학업 중에도 자기 일처럼 불평 한번 없이 논문작성에 큰 힘이 되어준 항만물류실험실의 정학빈 군, 유지원 양, 정상원 군과 차재웅 군에게도 큰 고마움의 인사를 전합니다.

그리고 학문과 실무를 병행하시느라 밤낮으로 애쓰시는 해운항만물류학과 24기 동기 여러분들에게도 감사와 격려의 인사를 함께 전합니다.

덧붙여, 본 논문이 나올 수 있도록 격려를 아끼지 않으신 24기 논문위원장 이우조 선배님과 김재경, 민승재 동기들에게도 감사를 드립니다.

그리고, 지난 15년 동안 동고동락하며 많은 가르침과 배려를 아끼지 않으신 우성마리타임(주) 박재호 이사님을 비롯한 여러 직장상사 및 동료들께도 이번 기회를 빌려서 감사의 인사를 드립니다.

끝으로, 언제나 친구 같고 든든한 동반자가 되어주는 사랑하는 아내 박혜경  
에게 감사의 인사를 전합니다.

2019년 1월

정권재 올림

