



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

한국형 자동화컨테이너터미널 현황 및 글로벌화

A Study on the Present Situation & Globalization for the
Korean Style Automated Container Terminal

指導教授 郭 圭 錫



2010年 6月

韓國海洋大學校 海事産業大學院

港 灣 物 流 學 科

金 鎮 宇

本 論 文 을 金 鎭 宇 의 物 流 學 碩 士 學 位 論 文 으 로 認 准 함

위 원 장 金 煥 成 (인)

위 원 申 宰 榮 (인)

위 원 郭 圭 錫 (인)



2010년 6월 21일

한 국 해 양 대 학 교 해 사 산 업 대 학 원

제 목 차 례

제1장 서론	1
제2장 자동화컨테이너터미널	3
2.1 자동화 컨테이너터미널 개요	3
2.2 자동화 컨테이너터미널 관련 기술	5
2.3 외국의 주요 자동화 컨테이너터미널 사례	9
2.4 우리나라 컨테이너터미널의 자동화 현황	15
제3장 한국형 자동화컨테이너터미널	18
3.1 한국형 자동화컨테이너터미널 도입 배경	18
3.2 한국형 자동화컨테이너터미널 운영 현황	24
제4장 자동화컨테이너터미널 비교	35
4.1 운영형태 비교	36
4.2 구축 및 운영에 대한 비용 비교	40
4.3 비교 요약 및 향후 전망	44
제5장 결론	45
<부록> 자동화터미널 구축 및 운영비용 상세 자료	47
참고문헌	52

표 차례

<표 2-1> 컨테이너터미널 자동화 유형에 따른 분류	2
<표 2-2> CTA의 자동화장비 운영현황	11
<표 2-3> ETC의 자동화장비 운영현황	13
<표 3-1> 운영방식별 소요비용의 예	19
<표 3-2> 운영방식별 연도별 투자비용 비교의 예	20
<표 3-3> 자동화 운영방식과 재래방식의 특징 비교	23
<표 4-1> 운영구간별 특징 비교	36
<표 4-2> 장비 구입 투자비 비교	41
<표 4-3> Y/T 인건비 산정	41
<표 4-4> 선박 조출로 인한 연료유 및 접안료 절감비용 비교	42
<표 4-5> 전체 비용 비교	43



그림 차례

<그림 2-1> CTA에서 운행중인 AGV	5
<그림 2-2> 부산 북항에서 운영중인 ATC	6
<그림 2-3> 자동화 GATE 개요	7
<그림 2-4> RFID 구조물 인식 개요	7
<그림 2-5> 독일 CTA 터미널 전경	9
<그림 2-6> 안벽측 하역 프로세스	10
<그림 2-7> 안벽측 하역 프로세스	10
<그림 2-8> Stacking Area 컨테이너 처리 흐름도	11
<그림 2-9> 네덜란드 ECT 전경	12
<그림 2-10> 안벽 작업전경-AGV / 컨테이너 영내 이송-SC	13
<그림 2-11> 부산 북항 KBCT 운영 사진	16
<그림 3-1> 한국형 자동화 컨테이너 터미널 운영 개요도	24
<그림 3-2> 무인자동화 운영시스템 적용 현황	25
<그림 3-3> 선박 하역작업 개요	26
<그림 3-4> CTA 해측 블록작업(AGV) / CTA 육측 블록작업(R/T)	28
<그림 3-5> 야드자동화크레인 각종 인식장치	30
<그림 3-6> 야드자동화크레인 각종 CCTV	31
<그림 3-7> 야드 무인자동화작업 개요	33
<그림 3-8> 자동화 게이트	34
<그림 4-1> 독일 CTA 터미널 전경 / 부산 신항 2-2단계 터미널 전경	35

ABSTRACT

A Study on the Present Situation & Globalization for the Korean Style Automated Container Terminal

Kim, Jin-Woo

Department of Port Logistics,
Graduate School of Korea Maritime University

In this study, after examined closely about overall automated container terminals, related technologies and currently being operated oversea's main container terminals' automation constructed condition, I identified differences by measuring development condition of Korean type automated container terminals against European type automated container terminals. Through the differences, I examined what competitive does Korean type automated container terminals have and checked some parts to be improved for becoming competitively excellent terminal.

In operational aspect, Korean type automated container terminals show more high productivity than European type automated container terminals and in cost aspects, by considering initial investment cost of purchasing equipments(cranes, terminal vehicles etc.), personnel expenses and cost reduction advantages by early sailing, if we run Korean type container terminals, we can reduce approximately \$ 616,643,000 during terminal operation period(30 years). It shows Korean type container terminals have more high productivity than European type container terminals in aspects of both operation and cost, by much more supplementing trials and improving action, we can expect far more competitive advantages for the near future.

제1장 서론

최근 국제 컨테이너 분야에서의 두드러진 변화는 10,000 teu급 이상의 대형 선박의 출현과 세계 컨테이너 물동량을 둘러싼 대형 터미널 간의 선박 유치경쟁으로 요약할 수 있으며, 이는 항만으로 하여금 하역효율성 제고 및 비용절감이라는 두 마리 토끼를 잡을 수 있는 대안을 요구하고 있다.

특히, 컨테이너터미널에서 발생하는 비용이 컨테이너 수송원가의 약 30%를 점유하고 있기 때문에 각국의 주요 항만들은 터미널 운영방식을 개선하는 등 운영효율화 제고, 노동력 절감, 컨테이너 처리작업 단순화 등을 더욱 필요로 하게 되었고 이에 따라 터미널 운영의 자동화가 끊임없이 요구되게 되었다.

현재 전 세계적으로 운영되고 있는 자동화컨테이너터미널은, 유럽지역에서는 독일의 CTA, 네델란드의 ECT, Euromax, 영국의 Thams Port 등이 이미 자동화 터미널을 운영하면서 상당한 Know-How를 축적하고 있으며, 아시아 지역에서는 싱가포르의 PPT, 홍콩의 HIT, 대만의 EMC, 일본의 Kawasaki 터미널 등이 자동화컨테이너터미널을 운영 중에 있다.

우리나라의 자동화 컨테이너터미널의 현황을 살펴보면, KBCT(이전 PECT)에서 최초로 야드 일부에 한하여 자동화를 적용하여 운영 중에 있으며, 2009년 개장한 부산신항 2-1단계 터미널(HJNC)에서는 야드 전체에 대하여 자동화를 도입하여 운영 중에 있고, 부산신항 2-2단계 터미널(HPNT)에도 유사한 방식으로 자동화컨테이너터미널을 구축하여, 2010년 초 개장하여 운영 중에 있다.

본 연구에서는 자동화컨테이너터미널에 대한 개괄과 관련기술, 현재 운영되고 있는 외국 주요 컨테이너터미널의 자동화 구축현황 등에 대하여 우선 살펴본 후, 부산신항 터미널에 적용 중인 한국형 자동화컨테이너터미널의 개발 현황 및 유럽형 자동화컨테이너터미널과의 비교를 통하여 차이를 확인하고, 동 차이를 통하여 한국형 자동화컨테이너터미널의 경쟁력이 무엇인지, 그리고 현재보다 더욱 경쟁력이 있는 우수한 터미널이 되기 위해서 일부 개선해야 할 점이 무엇인지를 살펴보았다.

한국형 자동화컨테이너터미널이 세계적으로 가장 경쟁력이 있는 터미널로 발전하기 위해서는 아직도 일부 개선해야 할 점이 있고, 현재까지는 운영기간이 길지 않아 완벽한 시스템이 구축되어 있다고 단정하기에는 좀 이른 감이 있는 것은 사실이다. 그러나 현재까지 보여준 Performance를 통하여 일부 문제점만 개선한다면 세계 어느 터미널과 견주어도 경쟁력이 있는 터미널이 될 가능성이 충분히 있어 향후, 이러한 우수한 경쟁력을 바탕으로 세계 어느 나라로도 수출 가능한 글로벌터미널시스템으로 만들 수 있다고 확신한다.



제2장 자동화컨테이너터미널

2.1 자동화컨테이너터미널 개요

2.1.1 자동화컨테이너터미널

자동화컨테이너터미널이란 컨테이너터미널 운영의 핵심 프로세스인 선박하역작업, 이송작업, 야드장치 작업의 일부 또는 전부를 자동화한 터미널이라고 정의할 수 있다.

자동화컨테이너터미널은 그 유형(자동화 정도)에 따라 완전자동화와 반자동화로 구분할 수 있다. 하역작업에서 이송에 이르는 구간을 2nd Trolley 및 무인 AGV(Automated Guided Vehicle)를 이용하여 자동화를 구현시켰는지 여부에 따라 완전자동화와 반자동화로 구분할 수 있다(표 2-1 참조).

<표 2-1> 컨테이너터미널 자동화 유형에 따른 분류

유형	자동화 구역			주요터미널
	하역작업	이송	상하차	
완전 자동화 터미널	- 선박하역: 유인 - 육측하역: 무인	무인 AGV (Automated Guided Vehicle)	무인 ATC (Automated Guided Vehicle)	-독일 CTA -네덜란드 ECT 등
반자동화 터미널	유인작업	유인 Y/T (Yard Tractor)	무인 ATC	-부산신항 HJNC -부산신항 HPNT -영국 TMP -싱가폴 PPT -홍콩 HIT 등

주로 유럽에서 운영되고 있는 자동화터미널이 완전자동화 형태를 구축하고 있으며, 최근 부산신항만에서 운영 중인 자동화터미널은 야드 부분만 자동화를 구축한 반자동화 형태로 되어 있다.

자동화컨테이너터미널은 소프트웨어 부문인 터미널운영시스템(TOS, Terminal Operation System)과 하드웨어인 장비 부분의 자동화로 이루어진다.

터미널운영시스템 자동화는 시간단축과 이용률 극대화를 위해 선석배정, Ship Planning, Yard Planning 등의 자동화와 연계하여 생산성 향상에 기여할 수 있는 Gate 통제시스템, 장치장통제시스템, 장비통제시스템을 자동화하는 것이다. 그리고 장비 자동화는 Gate 자동화, 크레인, 이송장치 등 하역장비를 무인화 하여 인력절감과 함께 시간단축을 도모하고자 하는 것이다.

소프트웨어 부문에 한하여 자동화가 이루어진 경우라면 이를 유인자동화라 하며, 하드웨어 부문까지도 자동화가 이루어지면 무인자동화라 한다. 이외에도 터미널 운영을 위해서는 유무선 네트워크, 데이터베이스, EDI 통신 등에 대한 부분도 추가로 고려되어야 한다.



2.2 자동화 컨테이너터미널 관련 기술

자동화컨테이너에 적용된 기술을 다 나열하는 것은 무리가 있으나, 여기서는 핵심 기술에 대하여만 몇 가지 언급해 보기로 한다.

2.2.1 자동컨테이너운송차(AGV, Automated Guided Vehicle) 개발

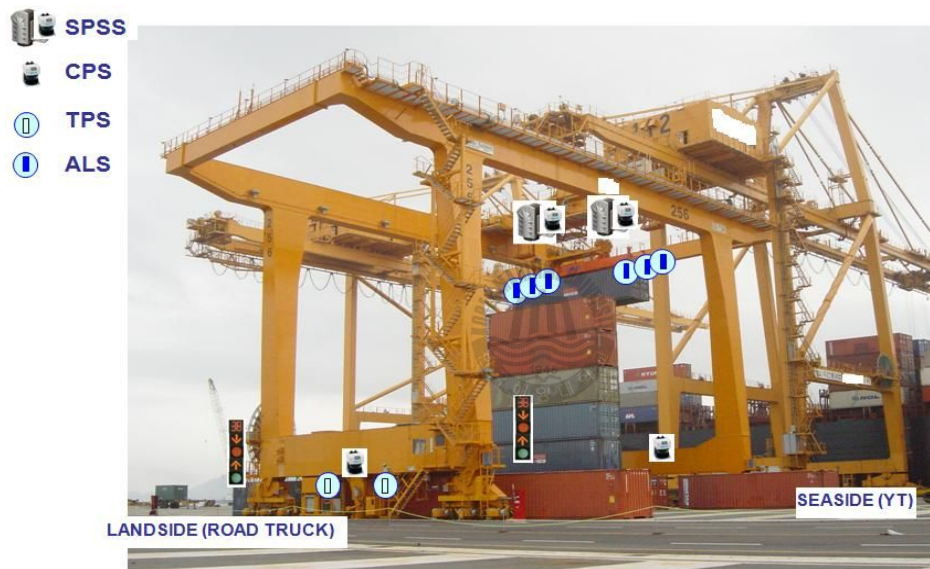
AGV는 자동화컨테이너터미널에서 안벽크레인과 야드크레인 간에 화물을 무인으로 운송하는 장비로서 장기간에 걸친 높은 노동비용 절감, 인간적인 결함방지 및 하루 24시간 연속 운행의 생산성 달성을 위하여 사용되며, 주요 기술내용은 무인 자율주행을 위한 네비게이션시스템(Navigation System)과 장애물 감지시스템 개발이다.



<그림 2-1> 독일 CTA에서 운영 중인 AGV

2.2.2 무인 자동화트랜스퍼크레인(ATC, Automated Transfer Crane) 개발

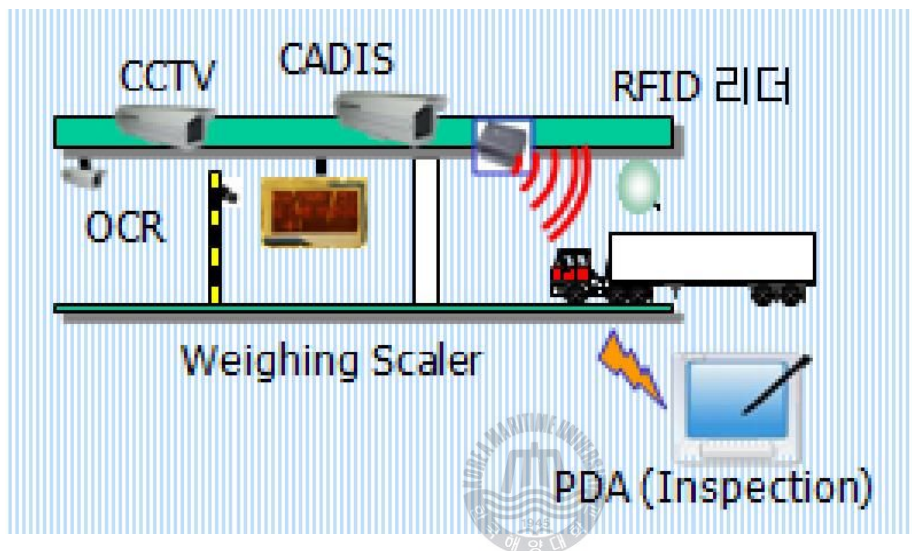
ATC는 이송장치(AGV 또는 유인 Y/T)에 의해 이송된 컨테이너화물을 장치장에 하차하거나 이송장치에 상차해 주는 무인 자동화트랜스퍼크레인으로, 주요 기술은 자동랜딩시스템(ALS, Automatic Landing System), 적재상태감시시스템(SPSS, Stacking Profile Scanning System), 트럭보호시스템(TPS, Truck Protecting System), 차시자동정차시스템(CPS, Chassis Positioning System), 컨테이너번호인식시스템(CNRS, CNTR No. Recognition System) 등이 있다. 각 장치들의 기능들은 뒤에서 상세하게 설명하기로 한다.



<그림 2-2> 부산 북항에서 운영 중인 ATC

2.2.3 Gate 자동화시스템

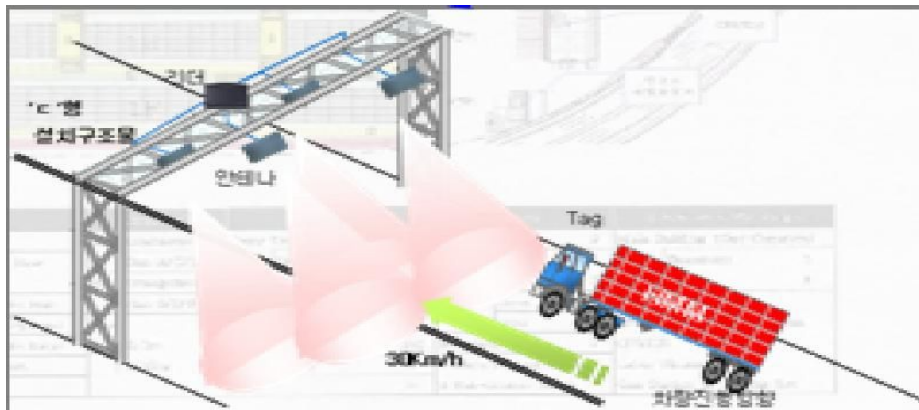
RFID를 이용한 차량 및 태그 인식을 통하여 차량 및 컨테이너번호를 인식하여 자동으로 트럭을 반출입시킨다. 이외에도 PDA를 이용한 실시간 검수내역 정보의 처리, 무인검사시스템(CADIS) 등을 이용한 컨테이너 Inspection System을 무인화하여 최단시간에 Gate를 자동으로 진출입할 수 있는 체계를 구축할 수도 있다.



<그림 2-3> 자동화 GATE 개요

2.2.4 RFID 기반 실시간 차량 위치 인식

부산신항에서 최초로 적용한 신기술로 각 야드 블록 입구마다 RFID 구조물을 설치하여 차선 구분 없이 블록에 진입하는 차량 상황을 실시간 인식하고 ATC에 차량에 대한 정보를 보내줌으로써 차량의 블록 진입 시 ATC를 미리 준비하도록 하여 작업시간의 단축을 꾀하여 효율적인 자동화컨테이너터미널을 운영할 수 있도록 도와준다.



<그림 2-4> RFID 구조물 인식 개요



2.2.5 기타 자동화 관련 기술

상기에서 언급한 자동화 관련 기술 외에도 안벽크레인에 설치한 컨테이너 번호를 자동으로 인식하는 CNRS(CNTR No. Recognition System), 차시자동정차시스템(CPS, Chassis Positioning System) 및 Y/T의 유동적인 배차를 통해 생산성의 극대화를 추구하는 Y/T Pooling System 등도 있다.

2.3 외국의 주요 자동화 컨테이너터미널 사례

외국에 많은 자동화컨테이너터미널이 있지만 본 연구에서는 유럽지역에서 가장 안정적으로 운영 중인 독일 CTA와 네델란드 ECT에 대하여 살펴보고, 아시아 지역에서 반자동화컨테이너터미널로 운영 중인 싱가포르 PPT, 홍콩의 HIT, 일본의 Kawasaki 터미널 등에 대해서도 간략하게 살펴보고자 한다.

2.3.1 독일 CTA(Container Terminal Altenwerder)

1997년 독일의 HHLA에 의해 항만생산성 증가, 항만서비스의 향상, 화물 처리비용 절감을 목적으로 개발이 착수되었으며, 세계적으로 네델란드에 이어 2번째로 완전자동화컨테이너터미널을 구축하여 운영 중이며, 현재까지 가장 안정적으로 운영 중인 자동화컨테이너터미널로 꼽히고 있다.

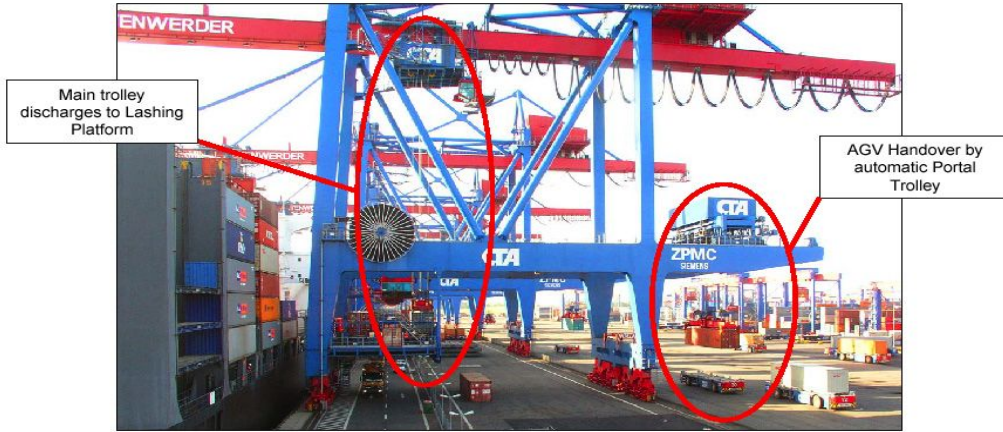


<그림 2-5> 독일 CTA 터미널 전경

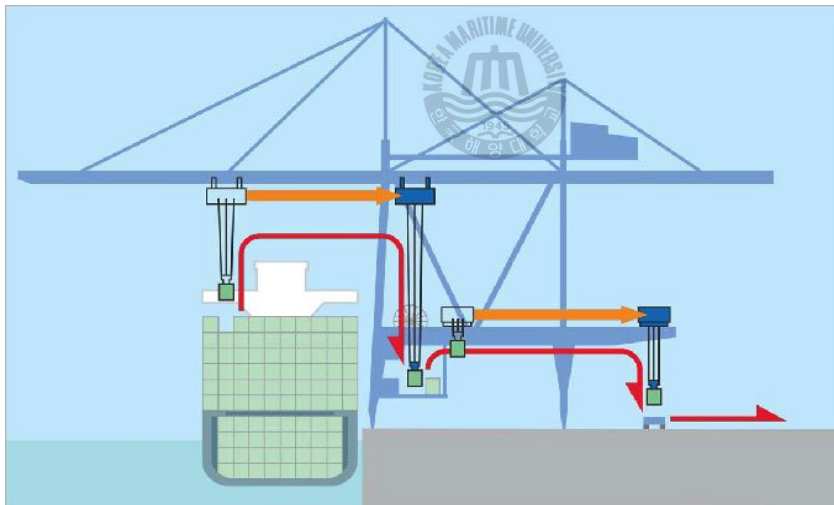
자동화 장비는 안벽크레인(Q/C, Quayside Crane, 육측만 자동화), 무인 야드자동화크레인(ATC, Automated Transfer Crane), 무인 이송장치(AGV, Automated Guided Vehicle) 등 세 부분이 자동화되어 운영되고 있다. 특히, 안벽크레인의 경우, DHST(Dual Hoist Second Trolley) 방식을 적용하여 선박

하역작업 중 육상측 작업에 한하여 자동화로 운영하고 있으며, 무인자동화 운영구간은 특수한 경우를 제외하고는 사람이나 차량의 접근이 금지되어 있다.

자동화컨테이너터미널에서 선박에 대한 안벽크레인 작업, 외부트럭(R/T)에 대한 ATC의 작업을 제외하고는 전 구간이 무인 자동화로 운영되고 있다.



<그림 2-6> 안벽측 하역 프로세스

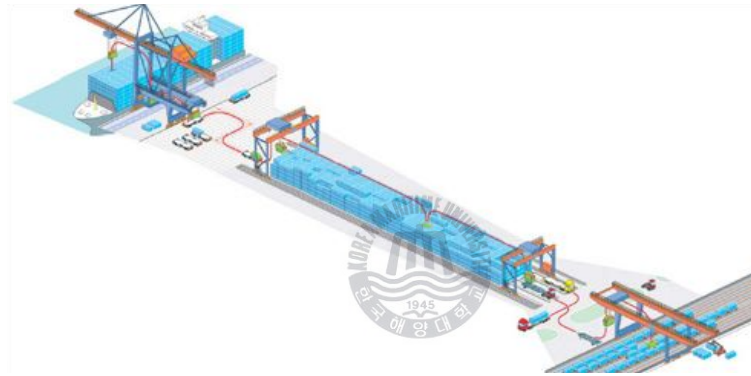


<그림 2-7> 안벽측 하역 프로세스

<표 2-2> CTA의 자동화장비 운영현황

구분	세부내용	비고
선박작업(해측)	선박-Q/C	유인화
선박작업(육측)	Q/C-AGV	무인자동화
이송작업	AGV	무인자동화
야드작업(본선)	AGV-ATC	무인자동화
야드작업(반·출입)	ATC-R/T	원격조정

야드의 경우는, 안벽과 블록의 배치가 다른 일반적인 컨테이너터미널과는 달리 수직형태를 이루고 있다. 완전자동화컨테이너터미널의 경우 자동화 장비인 AGV와 유인차량인 외부트럭과의 분리운행을 위해 수직배치의 블록형태를 취하고 있다. 야드장비와 외부차량에 대해서는 원격조정(Remote Control)으로 운영하고 있다.



<그림 2-8> Stacking Area 컨테이너 처리 흐름도

CTA는 세계적으로 가장 안정적이고 우수한 자동화컨테이너터미널의 표본이 되고 있는 터미널로 야드 확장과 소프트웨어 업그레이드를 통하여 지속적으로 발전 중에 있다.

우리나라에서는 현재 건설 중인 부산신항 2-3단계 터미널에서 CTA와 비슷한 수직배열의 자동화컨테이너터미널을 계획 중에 있으나, 운영방식에는 다소 차이가 있다.

2.3.2 네덜란드 ECT(Europe Container Terminal)



<그림 2-9> 네덜란드 ECT 전경

ECT는 1996년 설립이후 세계적으로 가장 먼저 자동화 컨테이너터미널을 시작하였으며, 안벽길이 2.6km(총 길이 3.8km)의 자동화 컨테이너터미널을 운영 중에 있다.

터미널은 안벽영역, 야드영역, 시설물 영역 등 크게 3가지 영역으로 나뉘며 자동화 장비의 운영은 안벽영역과 야드 영역으로 이루어져 있다. 자동화 장비는 안벽크레인(Q/C, Quayside Crane, 육측만 자동화), 무인 야드자동화크레인(ASC, Automated Stacking Crane), 이송장치(AGV, Automated Guided Vehicle) 등 세 부분이 자동화되어 운영되고 있다.

기본적으로 무인자동화 운영구간은 특수한 경우를 제외하고는 사람이나 차량의 접근이 금지되어 있다. 선박에 대한 Q/C 작업, R/T에 대한 SC(Shuttle Carrier)의 작업을 제외하고는 전 구간이 무인자동화로 운영된다.

<표 2-3> ETC의 자동화장비 운영현황

구 분	세부내용	비 고
선박작업(해측)	선박-Q/C	유인화
선박작업(육측)	Q/C-AGV	무인자동화
이송작업	AGV	무인자동화
야드작업(본선)	AGV-ASC	무인자동화
야드작업(반·출입1)	ASCSC	원격조정
야드작업(반·출입2)	SC-RT	유인화



<그림 2-10> 안벽 작업전경-AGV / 컨테이너 역내 이송-SC



야드의 경우, 안벽과 블록의 배치는 CTA와 유사하게 수직형태를 이루고 있다. 그러나, 외부차량에 대해서는 SC(Shuttle Carrier)를 이용한 유인 운영형태로 CTA와 완전히 다른 운영형태를 가지고 있다.

ECT는 세계 최초의 자동화컨테이너터미널이나 타 항만에 비하여 생산성 저하 문제가 대두되어 생산성 향상을 위하여 안벽크레인, AGV, 운영소프트웨어의 지속적인 업그레이드를 통하여 개선작업을 진행 중에 있다.

또한, 낮은 적치단수(3단)로 인하여 CY 이용률 저하로 항만생산성 감소가 단점으로 지적되어 확장한 CY에는 4단 적치가 가능한 야드크레인을 설치하여 토지이용률을 높이기 위해 노력 중이다.

2.3.3 싱가포르 PSA의 PPT(Pasir Panjang Terminal)

PPT는 1997년에 개장하였으며, 야드 부분에서만 자동화가 이루어지고 있다. 이송장비로 유인 Y/T와 야드장비로 무인 OHBC(Over Head Bridge Crane)를 사용하고 있으며 야드형태는 수평배치 형태이다.

PPT는 완전자동화가 아닌 반자동화터미널이다. 즉, Stacking Yard에서의 마살링 작업은 완전자동화에 의해 이루어지고 있으나, 외부트럭에 대해서는 RCC(Remote Control Console) 직원 한 명이 4대의 OHBC를 원격 조정하여 운영하고 있다. 그러나, AGV는 채용되지 않았다.

2.3.4 홍콩 HIT

CTA, ECT, PPT가 자동화컨테이너터미널 개발초기부터 터미널 전체의 자동화를 목표로 한 것과 달리, HIT는 적재용량 향상을 위한 장비자동화에 초점을 맞추었다. 1999년 개장되었으며 야드지역에서 자동화가 이루어지고 있다. 이송장비로 유인 Y/T와 야드장비로 무인 RMGC(Rail Mounted Gantry Crane)를 사용하고 있으며 야드형태는 수직배치 형태이다.



2.3.5 일본 가와사키항과 나고야항

가와사키항에서는 반자동컨테이너터미널을 도입하고 있으며, 수직배치된 야드지역에서 유인 Y/T와 무인 RMGC를 이용한 자동화가 이루어져 있고, 나고야항에서는 무인 AGV와 무인 RTGC(Rubber Tired Gantry Crane)를 이용하여 안벽과 야드 사이에 자동화가 이루어져 있으며 야드형태는 수평배치 형태이다.

2.4 우리나라 컨테이너터미널의 자동화 현황

현재 한국의 인건비 수준이 컨테이너터미널 총 원가의 40% 이상을 차지하고 있어 향후 지속적으로 현재와 같은 형태로 수작업을 진행하기에는 많은 비용적인 어려움에 봉착할 수밖에 없다. 또한, 각 터미널의 작업생산성을 볼 때 안벽크레인 1대당 25-30개 수준으로 더 이상의 증대를 기대하기 어려운 실정에서 동 재래식 방식으로 비용절감 및 생산성의 증대에는 한계가 있다.

특히, 작업자의 재해율이 국내 타 산업에 비해 상당히 높은 항만 분야의 경우, 사람이 운영하는 재래식 방식에서의 재해율 개선에도 한계가 있을 수밖에 없다. 항만은 특성상 24시간 운영체제로 운영될 수밖에 없다는 점을 고려하면 재래식 방식처럼 야간에도 크레인 운전자가 주간과 동일하게 승선하여 일하게 된다면 작업자의 피로도 축적 등으로 인해 현재의 재해율이 개선될 수 없다는 한계를 극복할 수 없다는 것이며, 이러한 한계를 극복하기 위해서도 자동화시스템의 구축은 꼭 필요한 과제일 것이다.

국내에서도 일찌감치 컨테이너터미널의 자동화에 관심을 기울이기 시작했다. 초기에 광양항 3단계 2차 터미널의 경우, 완전 자동화컨테이너터미널을 위한 핵심기술 개발 및 정보시스템 개발에 관한 연구를 진행하였다. 그러나, 유럽에서 운영되고 있는 완전 자동화컨테이너터미널을 국내에 그대로 적용하는 데는 한계가 있을 수밖에 없고 많은 요소들을 검토하여 반영하는 데는 많은 시간과 노력이 필요한 것으로 사료된다. 특히, 현재 처리물량이 증대되지 않는 광양항에서 자동화컨테이너터미널의 개발에 대한 효과를 정확히 검증하는 데도 한계가 있을 것으로 판단된다.



<그림 2-11> 부산 북항 KBCT의 자동화

그 이후, 추진된 국내 컨테이너터미널 자동화는 북항의 KBCT(이전 PECT)의 4번 선석에 한정된 자동화로 수평배치, 3개의 블록에 5대의 ATC, 외부트럭 블록 내 진입 등 여러 가지 새로운 방식의 자동화 형태를 취하면서 비교적 성공적으로 개발되어 운영되고 있다. 이러한 형태의 개발은 기존의 운영방식을 유지하면서 새로이 건설되는 터미널의 야드작업의 생산성 향상과 인건비 절감 효과는 높이고자 하는 내부적 상황에 기인하고 있다.

부산북항 KBCT(구 PECT) 터미널의 자동화는 부산신항 2-1단계터미널(HJNC), 2-2단계 터미널(HPNT) 및 1-2단계 터미널(PNC) 자동화의 기초가 되었다.

그러나, KBCT의 자동화는 일부 선석 & 야드에 국한하여 기존의 운영방식과 병행 운영하는 방식의 자동화를 구축한 반면, 부산신항에서 구축한 자동화는 야드 전체를 자동화로 구축하였으며, KBCT에서 적용한 것처럼, 트럭위치 인식장치(TPDU, Truck Position Detecting Unit)를 블록에 일정한 간격으로 설치하여 동 위치에서 수동적으로 트럭을 인식하는 방식에서 한발 더 개선, RFID를 이용하여 내부 및 외부트럭을 블록 내 진입 시에 능동적으로 인식하고 블록 진입 시에 트럭정보를 크레인에 직접 전달하여 사전에 작업을 준비하

도록 하는 등 한층 더 개선된 방식을 적용하였다.

현재 2009년 개장한 부산신항 2-1단계 터미널(HJNC)은 정상적인 운영은 물론, 생산성 분야에서도 재래식 터미널을 압도하고 있으며, 2010년 개장한 2-2단계 터미널(HPNT)과 1-2단계 터미널(PNC)도 시스템을 점차적으로 Set up 해 가면서 정상적인 운영으로 접어들고 있다.

이외에도 부산신항 1-1단계 터미널(PNIT)도 현재는 재래방식으로 운영하고 있으나 향후, 자동화컨테이너터미널로 전환할 수 있는 방안을 강구중인 것으로 알고 있다. 또한, 2012년 완공 예정인 부산신항 2-3단계 터미널은 현재의 부산신항 방식과 상이한 안벽-야드 간 수직배열 형태의 반자동화(향후, 완전 자동화로 개선 검토 중) 방식의 자동화컨테이너터미널을 계획 중에 있으며 상세 운영방식은 CTA와는 좀 다른 방식으로 운영될 예정이다.

현재 국내의 자동화컨테이너터미널은 부산신항 2-1단계 터미널(HJNC), 부산신항 2-2단계 터미널(HPNT) 및 부산신항 1-2단계 터미널(PNC)의 자동화 방식이 국내 자동화컨테이너터미널의 표준모델이 될 것으로 예상되며, 이러한 형태의 자동화를 본 연구에서는 “한국형 자동화컨테이너터미널”이라고 부르고 다음 장에서는 “한국형 자동화컨테이너터미널”의 도입배경, 전반적인 각 분야별 운영방식 등 자동화컨테이너터미널 구축상황을 알아보고 유럽의 선진화된 자동화컨테이너터미널과의 비교를 통하여 “한국형 자동화컨테이너터미널”의 경쟁력에 대하여 살펴본 후, 세계적으로 더욱 경쟁력이 있는 터미널이 되기 위하여 향후 개선되어야 할 방향을 제시해 보기로 한다.

제3장 한국형 자동화컨테이너터미널

앞 장에서 언급했듯이 현재 부산신항에서 정상 운영되고 있거나, 개선중인 자동화컨테이너터미널 방식을 본 연구에서는 “한국형 자동화컨테이너터미널”이라고 부르기로 했다. 이 장에서는 “한국형 자동화컨테이너터미널”의 도입배경과 재래방식과의 차이, 장단점을 비교해보고, 구축시스템의 적용현황에 대하여 살펴보고자 한다.

3.1 한국형 자동화컨테이너터미널 도입 배경

3.1.1 비용 절감

자동화컨테이너터미널을 개발하는 이유의 첫 번째는 두말할 것도 없이 비용 절감을 위해서이다. 유럽의 자동화컨테이너터미널이 국내보다 빨리 구축되고 정상화될 수 있었던 이유도 날로 높아지는 인건비의 절감을 위한 개선방안의 일환이었을 것으로 판단된다. 우리나라도 컨테이너터미널의 총 원가의 40% 이상이 인건비임을 감안하면 인건비의 절감은 터미널 비용을 줄일 수 있는 가장 큰 Factor 중의 하나로 볼 수 있다.

그러면 한국형 자동화컨테이너터미널을 구축하게 되면 어느 정도의 비용절감을 기대할 수 있을까? 한국형 자동화 컨테이너터미널은 재래방식과 비교하여 안벽부는 동일하고 야드부에 한하여 모두 자동화되어 있는 점을 감안, 야드 자동화크레인(ATC, Automated Transfer Crane) 적용과 재래방식과의 비교를 통하여 비용을 비교해 보기로 한다.

컨테이너터미널의 자동화 관련비용 비교는 터미널마다 운영방식에 있어서 차이가 있을 수밖에 없고 여기서 비교하는 자료는 각각의 차이는 일일이 고려하지 않고 일반적으로 비교 가능한 사항만 비교하였으므로 단지 참조용 자료임을 밝혀두는 바이다.

첫 번째, 인건비를 비교하면 재래방식의 운영에서 크레인당 1명씩(전 크레인이 항상 운영되지 않는다고 가정하고, 그 차이부분은 크레인 운전자의 교대, 연차 등의 여유로 감안) 4조 3교대로 운영한다면 야드크레인 수 곱하기 4개조의 인원이 필요하며, 야드자동화크레인 운영방식에서는 외부트럭의 Remote

Control을 위한 RCC(Remote Control Console) 운전요원으로 RCC 1대당 4대의 크레인을 운영할 수 있다는 점을 감안하면 재래방식에 비해 1/4의 인원으로 충분히 운영 가능하여 나머지 3/4 인원만큼의 인건비 절감을 가져올 수 있다.

둘째로, 시설투자비를 비교하면 재래방식의 운영에서는 크레인 비용 + 터미널운영시스템(TOS) 개발비용만 투자하면 가능한 반면, 야드자동화크레인 운영방식은 크레인 운전자가 탑승하지 않고 작업을 처리하기 위한 각종 Sensor, 카메라, Safety Device 및 RCC 비용이 추가로 투자되며 자동화 관련 야드설비 비용도 추가되어야 한다.

비교를 위하여 다음의 조건을 감안한다.

- 자동화크레인은 40대로 가정(실제 한진신항만 42대, 현대신항만 36대)
- 인건비는 북항의 평균으로 약 ₩ 40,000천/년/인 적용
- IT 개발비는 자동화개발에 투입되는 인건비 기준으로 산정 - 약 30개월

상기의 조건으로 소요비용에 대한 비교표를 만들어 보면 다음과 같다.

<표 3-1> 운영방식별 소요비용의 예

(단위 : 천원)

구 분		운영방식별 소요비용		비용편차 (A-B)
		자동운영방식 - A	재래방식 - B	
인건비	소요인원	-10명 x 4조 = 40명	40명 x 4조 = 160명	-4,800,000
	인건비	4천만 / 1인·年	4천만 / 1인·年	
	연간비용	1,600,000	6,400,000	
IT시스템 개발비	고급	1명 x 30개월 = 268,700	N/A	484,100
	중급	1명 x 30개월 = 215,400	N/A	
	총 비용	484,100	-	
설비 투자비	자동화설비 (크레인)	- CPS(사시자동정차장치) - ALS(자동랜딩장치) - SPSS(적재상태스캔장치) - RCC, 카메라 등	N/A	21,600,000
			-	
	자동화설비 (야드)	- RFID 관련설비 - 유무선 Network 등	N/A	8,500,000
			-	
설비합계		30,100,000	-	30,100,000
전체 합계		32,184,100	6,400,000	25,784,100

※ 동 비용은 터미널별 운영방식에 따라 상이하며 단순 참고용 자료임

상기 비용을 토대로 연도별 터미널 투자비를 자동화 부분만 비교하면 다음의 표와 같다.

<표 3-2> 운영방식별 연도별 투자비용 비교의 예

(단위 : 천원)

구 분		연도별 투자비 비교						합 계
		2년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	
자동 운전 (A)	인건비	1,600,000	1,680,000	1,764,000	1,852,200	1,944,810	2,042,051	10,883,306
	IT개발비	193,640	193,640	96,820				484,100
	설비투자	30,100,000	301,000	301,000	301,000	301,000	301,000	31,605,000
	합 계	31,893,640	2,174,640	2,161,820	2,153,200	2,245,810	2,343,051	42,972,161
재래 방식 (B)	인건비	6,400,000	6,720,000	7,056,000	7,408,800	7,792,240	8,168,202	45,532,242
	IT개발비	-	-	-	-	-	-	-
	설비투자	-	-	-	-	-	-	-
	합 계	6,400,000	6,720,000	7,056,000	7,408,800	7,792,240	8,168,202	45,532,242
편차 (A-B)		25,493,640	-4,545,360	-4,894,180	-5,255,600	-5,533,430	-5,825,152	-560,082

※ 인건비는 매년 5% 인상 및 매년 M&R 비용 1% 추가 감안

상기 표에서 보면 자동화컨테이너터미널 투자비용은 2년차부터 비용을 회수하기 시작하여 6-7년 정도면 전액 회수가 가능할 것으로 판단된다. 즉, 자동화 컨테이너터미널은 구축 후 6-7년이 지나면서 투자비 전액 회수는 물론, 1년에 50억 정도의 비용절감 효과를 기대할 수 있어 터미널 비용에 상당한 절감효과를 기대할 수 있다는 것이다. 이러한 비용절감 효과는 자동화 터미널을 구축하는 가장 매력적이고 필수적인 요건이 되는 것이다.

3.1.2 운영 효율 및 생산성 개선 효과

최근 자동화컨테이너터미널의 구축이 절실히 요구되는 또 하나의 주요한 요인 중의 하나는 운영효율성의 증가와 생산성 개선 효과라 말할 수 있다.

재래방식의 야드크레인의 경우에는 크레인 운전자가 주간이든, 야간이든 크레인에 탑승함으로써 작업이 시작되며, 특히 야간에는 운전자의 피로도는 작업효율과 직결되고 운전자의 숙련 여부에 따라 오작동 가능성이 상존하며 이를 개선하기 위한 교육도 전 운전자를 동일한 방식으로 교육시키는 데에는 한계가 존재할 수밖에 없다.

반면에, 자동화크레인은 개발된 TOS와 크레인 자동화시스템과의 최적의 시스템 연계를 통하여 최적의 작업을 시행 및 개선할 수 있으며, 야간에도 운전자의 피로도 여부에 거의 좌우되지 않고 일정한 수준의 작업을 지속할 수 있으며, 야간에 작업상황에 따라 크레인에 Rehandling 작업 Order를 내려놓기만 하면 크레인이 정해진 작업지시에 따라 적절하게 자동으로 작업을 수행할 수 있다. 시스템상의 결함이나 문제가 발생하는 것도 전 장비에 동일한 개선을 시행하는 것이 가능하여 한결 개선이 용이하다.

또한 재래방식에서는 운전자의 피로도에 따라서 생산성이 좌우될 수 있으나, 자동화컨테이너터미널은 시스템 개선정도에 따라서 24시간 Full Time 작업이 가능하여 시스템 개선 정도에 따른 생산성 개선효과도 크게 기대할 수 있다. 최근 대형화된 컨테이너선의 출현으로 각 터미널마다 생산성의 중요성은 두말할 나위 없이 중요해졌으며 장기적으로 동 문제를 해결하기 위한 최적의 대안은 자동화를 구축하는 것이라고 말할 수 있다.

3.1.3 재해율 감소

앞에서 언급한 바와 같이 우리나라 항만이 타 사업장에 비하여 재해율이 상당히 높은 편이다. 이는 여러 가지 요인이 있겠지만 운전자의 판단 착오, 피로도 증가에 따른 요인이 클 것이다.

자동화컨테이너터미널은 운전자가 크레인에 탑승하지 않기 때문에 근본적으로 재해율이 감소될 수 있으며, 운전자의 피로도에 의한 판단 착오 등도 예방할 수 있어 재해율이 현저하게 감소될 수 있다. 그러나, 한 가지 염두에 둘 것은 자동화컨테이너의 전반적인 시스템을 구축하여 안정화 단계로 접어들기 위해서는 부단한 시스템 개선과 예외사항에 대한 검증/개선을 이루어야 하며 이 과정에서는 예상치 못한 사고도 일어날 수 있음을 명심하여야 한다.

3.1.4 터미널 서비스 안정성

앞에서 언급한 내용 외에 자동화컨테이너터미널은 구축하는 배경에는 서비스 안정성을 들 수 있다. 하나의 예로 노조파업을 들 수 있는데 자동화컨테이너터미널은 크레인에 운전자가 탑승하지 않기 때문에 노조파업 시에도 반출입 작업은 안정적으로 지속할 수 있으며, 산업재해 발생가능성도 현저하게 줄일 수 있어 이로 인한 서비스의 중단사태를 미연에 방지 가능하다는 것이다.

상기에서 언급한 자동화컨테이너터미널의 장점에 반하여, 단점이 없는 것은 아니다. 초기 자동화 설비투자비가 많이 들고 운영 시에도 추가 투자한 시설에 대한 유지보수비는 꾸준히 발생할 수밖에 없다. 또한, 재래방식에서는 시스템 중단 시에 수동작업을 원활히 할 수 있는 반면, 자동화컨테이너터미널은 시스템 중단 시 전 기능이 마비되어 Critical한 사항으로 발전될 수도 있다. 그리고, 자동화컨테이너터미널은 시스템 의존도가 높고 시스템 Maker측에서 접근을 금지하는 부분이 많아 Maker 의존도가 높아질 수밖에 없다는 단점도 가지고 있다.

자동화컨테이너터미널은 상기에서 언급한 단점을 적절히 보완하여야만 최고의 운영효율, 생산성을 가진 안정화된 터미널이 될 수 있는 것이고 이는 자동화컨테이너터미널을 운영하는 운영사가 반드시 해결해야 할 과제이기도 하다.

앞에서 언급한 내용은 표로 작성하여 비교하면 다음 표 3-3과 같다.

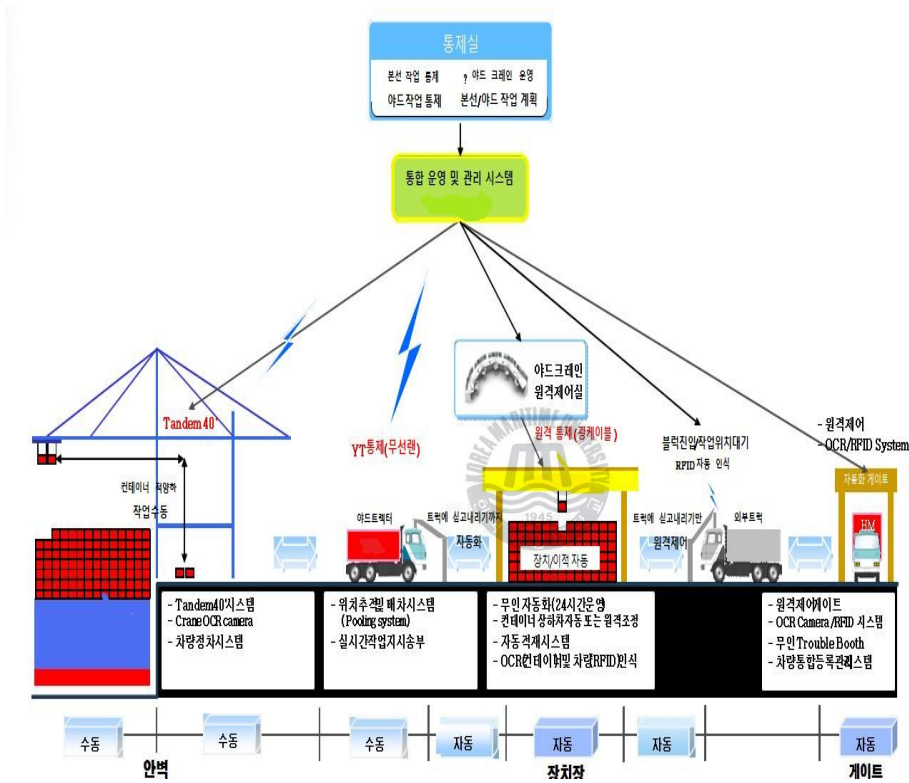
<표 3-3> 자동화 운영방식과 재래방식의 특징 비교

구 분	운영방식별 특징 비교		비 고
	자동운영방식	재래방식	
인건비	유리	불리	
	- 1인당 크레인 3~4기 운전 - 장비기사 25% 수준으로 감소 가능 - 전산개발인원 다소 추가	- 장비기사 소요인원 많아 인건비 증가	
설비투자비	불리	유리	
	- 크레인 자동화 설비 - 야드 자동화 관련 설비	- 추가시설 불필요	- 시설 투자는 터미널 별로 상이
직업효율	유리	불리	
	- 야간 Rehandling 자동시행 - 호선별, 행선지별 자동 Grouping 가능 - 크레인 자체에서 변경위치 자동입력 가능	- 운전자 직접 판단 시행으로 효율 낮음 - 운전자 피로도와 직결 - 운전자의 판단여부에 따라 오작동 가능성 상존	
생산성	유리	불리	
	- 24시간 Full Time 작업 가능 - 시스템 개선 정도에 따라 지속 개선 가능	- 운전자 휴식시간에 작업 정비 불가피 - 운전자 능력, 피로도에 따라 생산성 한계	
유지·보수비	불리	유리	
	- 자동화 추가시설 유지 보수 필요	- 자동화 추가시설 불필요	

3.2 한국형 자동화컨테이너터미널 운영 현황

부산신항에서 운영 중인 한국형 자동화컨테이너터미널 방식은 터미널별로 약간의 차이는 있으나, 본 연구에서는 부산신항 2-2단계 터미널(HPNT)을 중심으로 하여 개발현황에 대하여 전반적인 사항을 살펴보기로 한다.

아래 그림은 한국형 자동화컨테이너터미널에서 구축한 자동화시스템의 개요를 나타낸 것이다.



<그림 3-1> 한국형 자동화컨테이너 터미널 운영 개요도

다음은 무인으로 운영되는 무인 자동화운영시스템 적용 현황을 그림으로 나타낸 것이다



<그림 3-2> 무인 자동화운영시스템 적용 현황

상기에서 언급한 그림들을 참조하여 한국형 자동화컨테이너터미널 구축 현황을 터미널 업무영역별로 구분하여 살펴보도록 한다.

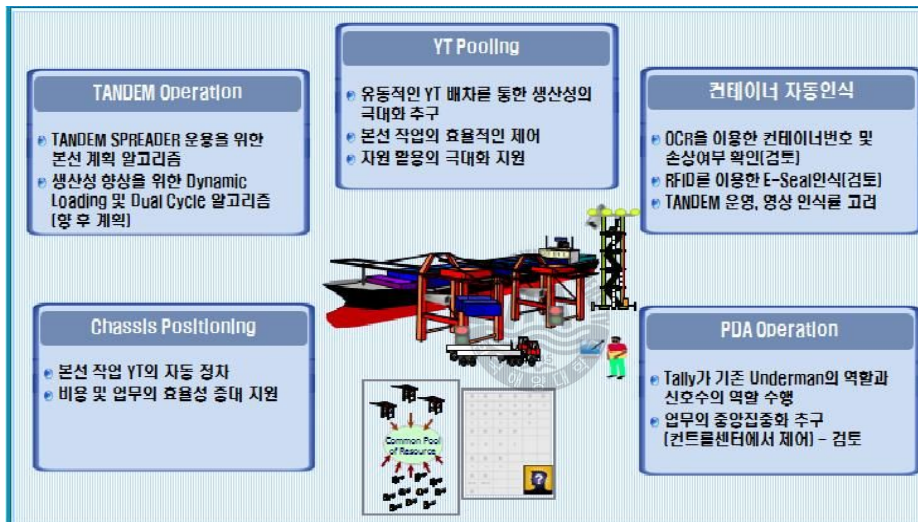
3.2.1 선박 하역작업 (안벽작업)

안벽에서 이루어지는 선박 하역작업은 자동화컨테이너터미널의 구축범위에서는 제외되는 수동작업 구간이다. 유럽의 CTA 터미널은 선박 하역작업의 육측부분은 DHST (Dual Hoist Second Trolley)를 적용하여 무인자동화 이송장치인 AGV와 연계하여 자동화를 구축, 운영 중이나 한국형 자동화컨테이너터미널에서는 적용하지 않고 있다.

그렇다고 해서 동 작업구간에 자동화시스템이 전혀 적용되지 않는 것은 아니다. 안벽크레인 자체에 신호수가 없어도 Y/T를 자동으로 정차시킬 수 있는 샷시자동정차시스템(CPS, Chassis Positioning System)을 적용하여 Y/T는

CPS에 맞추기만 하면 안벽크레인이 바로 작업할 수 있는 정확한 위치를 맞추어 준다. 또한, Y/T Pooling System을 적용, 유동적인 Y/T 배차를 통한 생산성의 극대화를 추구, 본선작업의 효율적인 제어 및 자원활용의 극대화를 지원하고 있다. Tally를 수행하는 자가 기존 Underman과 신호수 역할을 동시에 수행 가능토록 PDA를 제공하여 원활한 업무 수행을 돕기도 한다.

추가로, 안벽크레인은 40' x 2개 혹은 20' x 4개가 동시작업이 가능한 Tandem Crane을 적용하고 있다. 운영초기에는 Tandem 사용 시 추가적인 하역관련 인원의 증가로 자제하고 있으나, 향후, 물량 증가 및 대형선 입항 시에는 생산성의 극대화를 위해서 Tandem 기능의 활용이 더욱 많아질 것으로 예상하고 있다.



<그림 3-3> 선박 하역작업 개요

3.2.2 안벽 <--> 야드 간 화물 이송

안벽과 야드 간의 화물 이송작업은 Y/T를 이용한 수동작업 구간이다. 유럽의 CTA 터미널은 AGV를 이용하여 무인자동화 구간으로 구축하였으나, 한국형 자동화컨테이너터미널에서는 AGV의 고비용, AGV의 낮은 속도 등을 감안하여, 생산성 증대를 위하여 유인 Y/T를 적용한다. 한국의 경우, 유럽에 비해 상대적으로 인건비가 싸고 높은 생산성을 요구하고 있기 때문에 이러한 방식이 채용된 것으로 판단된다.

또한, CTA의 AGV는 블록 전면부의 일정 구역까지만 이동하여 컨테이너를 이송하지만 한국형 자동화컨테이너터미널에서는 Y/T가 무인자동화 야드 구간 내까지 이동하며 해당 BAY까지 직접 이동하여 작업한다.

3.2.3 야드 무인자동화 작업

Y/T 혹은 R/T가 야드에 진입하여 작업하는 과정은 무인자동화 작업구간이다. 이 구간은 한국형 자동화컨테이너터미널의 핵심적인 부분으로 Y/T 혹은 R/T가 유인으로 블록 내 작업위치로 진입하는 것을 제외하고는 무인자동화로 진행되는 구간이다.

각 블록 입구에는 Y/T와 R/T에 설치되어 있는 RFID를 자동으로 인식할 수 있는 RFID 자동인식시스템이 구조물로 구축되어 있어 Y/T나 R/T의 블록 내 진입현황을 즉시 크레인에 전달해 준다. 실제로는 R/T의 경우, 차량이 Gate를 진입하는 순간, EDI로 송신된 사전 정보가 전산상의 Data와 일치한다면 Gate를 정상적으로 통과하는 그 순간부터 차량에 대한 정보와 작업에 대한 정보는 파악되게 된다. 그러나, 실제 터미널의 운영상황을 보면 상당수의 차량들이 Gate를 통과한 후 곧바로 블록으로 진입하지 않는 경우도 비일비재하다. 예를 들어, 식사시간에 근접한 시간이나, 트럭 운전자의 개인적인 용무를 위하여 시간을 소비하는 경우가 이에 속한다. 만일, R/T가 Gate를 정상 통과하여 전산 상으로 파악된 정보를 곧바로 크레인에 보낸다면 크레인은 미리 작업 준비를 시작할 것이고 블록에 곧바로 진입하지 않는 차량들로 인하여 시간을 소비하거나 순서가 뒤바뀐 차량들로 인하여 혼란이 일어날 수밖에 없다. 이를 방

지하기 위하여 블록 입구에 RFID 자동인식시스템을 설치하여 블록에서 진입이 시작된 차량에 한하여 크레인에 위치 정보를 전달해 줌으로써 크레인의 시간 손실이나 혼란을 방지하고 크레인이 차량 도착 전에 작업을 사전에 준비할 수 있는 시간을 주는 것이다.

부산북항의 KBCT(이전 PECT)는 이 구간에서 상기와 같은 방식을 사용하지 않고 블록 내에 일정한 간격으로 트럭 위치를 인식할 수 있는 트럭위치인식시스템 (TPDU, Truck Position Detecting Unit)을 여러 개 설치하여 R/T 운전자가 Gate에서 수령한 Slip을 해당위치의 동 장치에 인식시켜야만 크레인에 도착정보가 전달되는 방식을 적용하고 있다. 이것은 안정적으로 정보를 전달할 수 있다는 장점은 있으나 블록 진입 전부터 크레인에 위치정보를 전달하는 상기 방식에 비하여 작업처리속도는 늦을 수밖에 없다는 단점이 있다.

RFID를 통한 차량 자동인식시스템에서 고려되어야 할 중요한 사항 중 하나는 RFID의 안정적인 인식률이다. Y/T의 경우는 터미널 자체에서 준비한 RFID Tag를 부착하기 때문에 100%에 육박하는 인식률이 가능하나, R/T의 경우는, 정부에서 제공한 RFID Tag의 훼손도 및 설치위치에 따라 인식률이 저하될 수 있으며, 실제로도 인식의 오류가 종종 발생한다. 터미널에서는 오류가 자주 발생하는 차량에 대하여 자체적으로 RFID Tag를 발행하여 이를 보완하고 있다. 그러나, 근본적인 해결을 이루는 데에는 한계가 있으므로, Gate를 통과한 시점을 기준으로 하여 터미널에서 설정한 시간 내에 작업이 진행되지 않는 차량에 대하여는 자체적으로 파악하여 보완할 수 있는 보완시스템을 마련해야 한다.

현재 부산항에 출입하는 거의 모든 트럭에 RFID를 공급하고 RFID 기반을 통하여 항만지능화 사업을 여러 분야에서 꾀하고 있는 정부 시책과도 연계하여 향후에는 많은 개선과 발전을 이룰 수 있을 것으로 기대하고 있다.

블록을 진입한 차량이 작업에 해당하는 위치로 이동하게 되면 야드자동화크레인이 미리 작업을 준비하고 있거나, 나중에라도 도착하여 작업을 준비하게 된다. 유럽의 CTA 터미널에서는 안벽과 야드 간 이송장치인 AGV가 블록 내

로 진입하지 않고 블록 해측 입구까지만 도착하면 야드자동화크레인이 이동하여 화물을 장착하여 해당되는 위치로 이동시키는 방식이며, R/T의 경우도 블록 육측 입구에서 정해진 Lane에 도착하여 기다리게 되면 야드자동화크레인이 블록 육측 입구까지 이동하여 컨테이너를 장착하여 해당위치까지 이동하는 작업을 하게 된다. 아래사진을 참조하면 이해가 빠를 것이다.



<그림 3-4> CTA 해측 블록작업(AGV) / CTA 육측 블록작업(R/T)

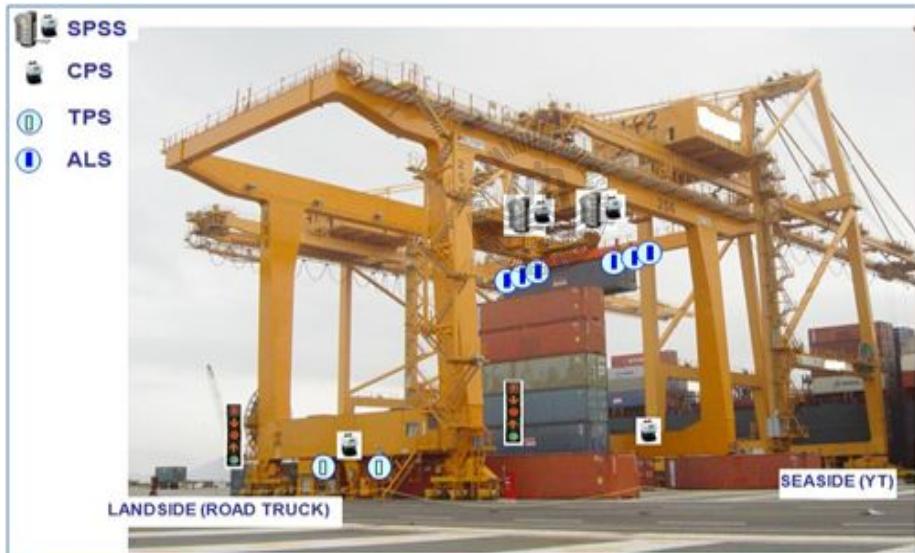
즉, CTA에서는 AGV나 R/T가 블록 내로 진입하지 않고 상기처럼 블록의 해측이나 육측 입구까지만 진출하게 된다. 이와 반면, 한국형 자동화컨테이너 터미널에서는 유인 Y/T나 R/T가 블록 내로 진입하여 해당 Bay까지 찾아가는 방식이므로 CTA에 비해 더 복잡한 여러 경우를 고려해서 구현해야 하며, 특히 안전측면에서도 많은 고려를 해야 한다.

야드자동화크레인에는 운전자가 직접 탑승하지 않기 때문에 운전자를 크레인인 대신하여 작업할 수 있도록 각종 자동인식장치가 장착되어 있다. 이에 대한 명칭 및 기능을 소개하면,

- SPSS (Stacking Profile Scanning System, 적재상태감지시스템) : 컨테이너 적재상태 파악 및 크레인 위치를 확인하여 트롤리가 횡행 운동을 하기 위해 스프레더를 들어올려야 하는 Safety Height를 설정하는 역할

을 한다. 3D Scanner 2개가 트롤리장치 하부에 설치된다.

- CPS (Chassis Positioning System, 차시자동정차시스템) : Y/T와 R/T를 야드자동화크레인이 작업 가능한 정차위치로 유도하는 장치로, 신호등을 설치하여 신호등 램프 색깔에 따라 트럭 운전자에게 상태를 알리며 거리도 표시하여 트럭운전자가 정확한 이동을 할 수 있도록 도와준다. Laser Scanner와 신호표시기(신호등)가 실뱀 하부에 설치된다.
- TPS (Truck Protecting System, (외부)트럭보호시스템) : 외부트럭이 콘장치를 해체하지 않아 크레인의 스프레더와 함께 들리는 것을 감지하는 권상운전을 정지하게 해 준다. Laser Sensor 2개가 실뱀 하부에 설치된다.
- ALS (Automatic Landing System, 자동착상시스템) : 스프레더에서 컨테이너를 양적하 시 스프레더와 컨테이너와의 위치를 감지한다. Laser Sensor가 스프레더에 6군데 설치된다.



<그림 3-5> 야드자동화크레인 각종 인식장치

- CNRS (Container Number Recognition System, 컨테이너 번호 인식시스템)
: 컨테이너 상하차 시 컨테이너 번호를 자동 인식하여 전산상의 Data와 일치하는지 여부를 판단하는 것이다. Pan/Tilt 기능이 가능한 번호 인식 카메라가 양쪽 실빔 측에 설치된다.
- 각종 CCTV : 스프레더 4각 지점에 각각 설치되어(4개) 스프레더 착상 위치 또는 컨테이너 적재 위치를 확인한다. 트롤리장치에 2개가 설치되어 작업 확인 및 간섭여부를 확인한다. 외부트럭 감시용으로도 4개를 실빔 측에 설치하여 R/T 상차 시 트럭 콘 및 컨테이너 위치를 확인한다.



<그림 3-6> 야드자동화크레인 각종 CCTV

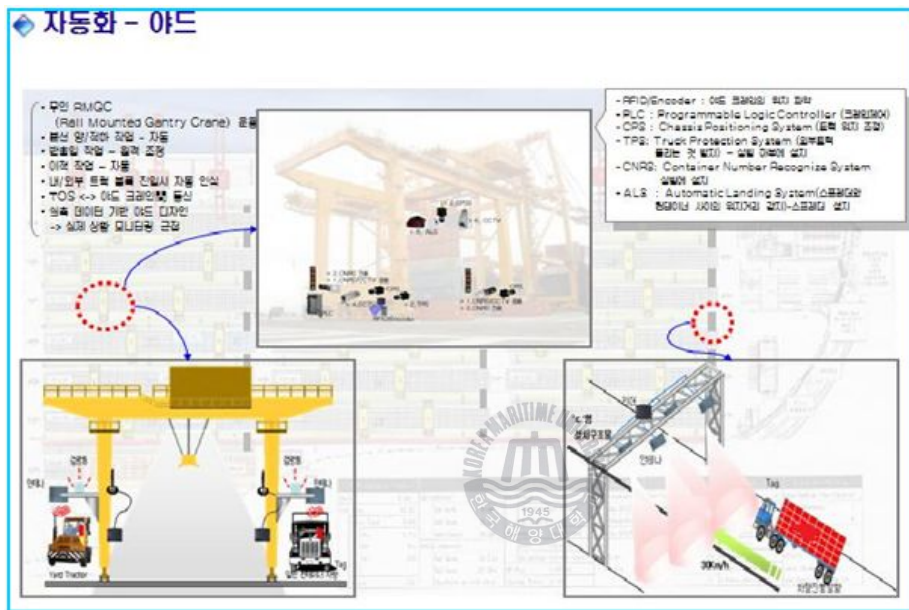
상기에서 언급한 자동인식장치들을 이용하여 터미널운영시스템(TOS)에게 주어진 명령에 따라 유인크레인과 동일하게 무인자동화크레인이 동작하게 되고 작업을 수행하게 된다. 동 시스템들과 TOS가 실시간 통신을 통하여 작업 명령을 수행하거나 통제되는 것이다.

한국형 자동화컨테이너터미널의 야드자동화크레인이 재래부두 크레인과 다른 점 또 하나는 크레인 형식이다. 기존 재래방식에서는 RTGC(Rubber Tired Gantry Crane)을 채용하여 주로 5단 6열 정도의 장치장을 구성하는 반면, 한국형 자동화컨테이너터미널에서는 RMGC(Rail Mounted Gantry Crane)를 채용하여 6단 10열로 장치장을 넓고 높게 구성하는 것이 가능하며 특히, 정확한 제어로 자동화가 가능하도록 하였다. 또한, 재래방식 크레인은 한 방향으로만 Y/T나 R/T가 진입 가능한 반면에, 한국형 자동화컨테이너터미널의 크레인은 양방향컨틸레버 방식을 채용, 양방향 작업이 가능하여 Y/T와 R/T를 각각 한 방향씩 지정하여 작업할 수 있도록 하여 야드 혼잡을 최소한으로 할 수 있도록 하였다.

상하차 작업에서는 Y/T의 경우는 Cornerless 상태로 콘이 설치되어 있지 않으며 내부 교육으로 많은 부분을 보완할 수 있어서 전 작업을 정해진 Process에 따라 진행하도록 하는 자동화가 가능하나 R/T의 경우는 Cone에 맞추거나 콘이 풀려있는지 여부 등을 확인해야 할 필요가 있어서 마지막 상하차 작업에 한하여 사무실에 있는 RCC(Remote Control Console)로 작업을 할당하여 원격 조정(Remote Control)하게 된다. 통상 RCC 1대에 크레인 3-4대를 커버할 수 있으며, 작업순서에 따라 R/T의 상하차 작업이 거의 준비된 단계 즉, 외부트럭이 CPS(차시자동정차시스템)를 맞추고, 차량에 대한 정보, 컨테이너에 대한 정보가 전산상의 Data와 일치할 경우, 순서에 따라서 RCC에 작업이 할당되고 상하차 작업부분에 한해서만 RCC 요원이 원격조정으로 진행한다. 상하차 작업이 완료되면 또 다시 크레인은 자동으로 전환하게 된다.

야드자동화크레인의 장점 중의 하나는 자동 Rehandling 작업 부분을 들 수 있다. 재래방식에서는 크레인 운전자의 판단에 의해서 필요에 따라 Rehandling을 진행하고 운전자의 여건에 따라 좌우된다. 특히, 야간의 경우는 운전자가 특별한 작업이 없을 시는 크레인에 탑승하지 않고 주로 이동장비(리치스택커 혹은 사이드픽커)를 이용하여 최소한의 야드작업을 진행하는 경우가 빈번하다. 그래서 야간에 작업이 많지 않을 경우에 한산한 시간을 효율적으로

활용하여 Rehandling 작업을 진행할 수가 없다. 그러나, 야드자동화크레인의 경우는 Rehandling에 대한 작업 Order를 적절하게 주면 작업순서에 따라 적절하게 Rehandling 작업을 진행할 수 있고 특히, 야간의 경우, 작업이 한산할 경우에는 Rehandling이 집중적으로 이루어져 작업효율을 극대화시킬 수 있다. 물론, 재래방식 크레인 운전자가 진행하는 것에 비해 융통성은 다소 떨어지는 한계가 있을 수가 있으나 이는 시스템의 최적화를 통한 최적의 작업순서 배치 등 많은 부분은 개선할 수 있을 것이다.

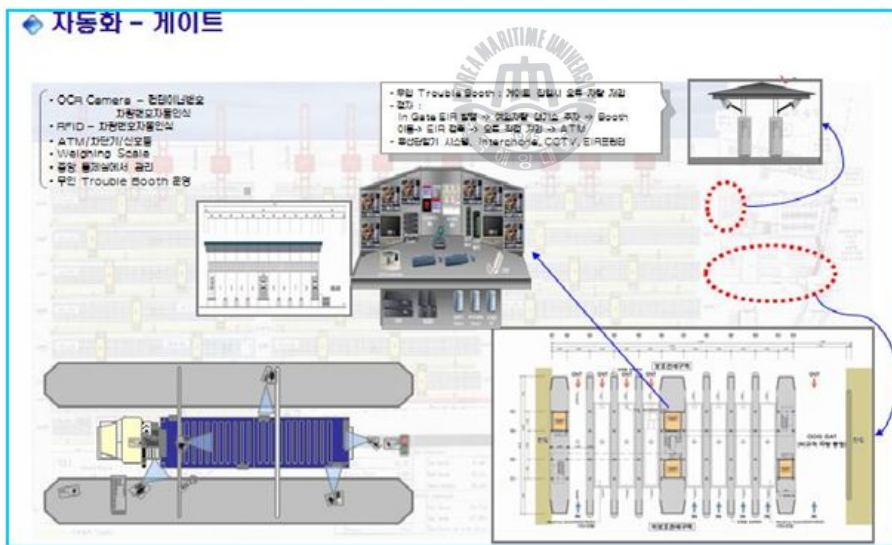


<그림 3-7> 야드 무인자동화작업 개요

3.2.4 자동화 Gate 구간

자동화 Gate는 RFID 시스템을 이용한 방식으로, PDA를 이용한 실시간 검수 수행과 OCR(광학적문자인식시스템)을 적용하여 컨테이너번호 자동인식 및 컨테이너 자동 Damage 인식시스템, E-Seal을 자동 인식하는 장치 등을 적용하는 등의 기능을 추가하는 것도 가능하다. 자동화 Gate에는 RFID를 이용하여 차량 정보와 사전 EDI 정보를 비교하여 정보가 일치할 경우, 자동으로 Slip을 발행하여 차량이 Gate 요원의 도움 없이 진입 및 외부로 나가는 것이 가능토록 해준다. 그리고 Gate Lane마다 Weighing Scale을 설치하여 화물의 중량에 대한 정보도 확인 가능한 시스템을 구현한다.

기본적으로 자동화 Gate에는 무인으로 운영하는 것을 원칙으로 하나, 시스템의 Trouble 발생 시에 처리해줄 수 있는 최소한의 Gate 요원을 두기도 한다. 그리고 사전 EDI 정보가 들어오지 않았거나 오류가 발생한 차량에 대하여 터미널 진입 후 처리할 수 있도록 무인 Trouble Booth를 별도로 설치하여 차량용 Bar Code, RFID Tag 인식 가능한 시스템을 갖추어 놓아 Gate 운영의 효율성 향상을 지원한다.



<그림 3-8> 자동화 게이트

제4장 자동화컨테이너터미널 비교

지금까지 컨테이너터미널의 자동화 개요와 외국의 주요항의 자동화 사례 및 부산신항에서 개발되어 운영 중이거나 개발 중인 한국형 자동화컨테이너터미널의 운영현황에 대하여 살펴보았다.

4장에서는 지금까지 살펴본 내용을 토대로 유럽형 자동화컨테이너터미널과 한국형 자동화컨테이너터미널 간의 비교를 통하여 그 차이점을 알아보고 두 자동화시스템 간의 장단점이 무엇인지를 파악해 보기로 한다. 나라마다 터미널마다 자동화시스템을 구축하는 방식과 내용에 차이가 있어 여러 터미널을 비교하는 것은 다소 무리가 있을 것으로 판단되어 여기에서는 유럽에서 가장 안정적으로 운영되고 있는 독일의 CTA 터미널(유럽형 자동화컨테이너터미널)과 부산신항 2-2단계 터미널(한국형 자동화컨테이너터미널)과의 내용을 비교해 보기로 한다.



<그림 4-1> 독일 CTA 터미널 전경 / 부산 신항 2-2단계 터미널 전경

4.1 운영형태 비교

아래의 표 4-1은 유럽형 자동화컨테이너터미널과 한국형 자동화컨테이너터미널의 운영구간별 특징을 서로 비교한 것이다.

<표 4-1> 운영구간별 특징 비교

구 분		비교		유사여부
		유럽형	한국형	
안벽-야드간 배치		수직배치	수평배치	X
선박 작업	해측 (선박-Q/C)	유인작업	유인작업	O
	육측 (Q/C-운송수단)	* Q/C - AGV * 무인자동화	* Q/C - Y/T(유인) * 유인작업	X
이송작업 (안벽-야드)		* AGV * 무인자동화	* 유인 Y/T * 유인작업	X
야드 작업	본선 (운송수단-ATC)	* AGV - ATC * 무인자동화	* Y/T - ATC * 무인자동화	O
	반/출입 (ATC-R/T)	* Remote Control	* Remote Control	O

표 4-1의 내용을 기본으로 유럽형과 한국형 자동화컨테이너터미널 간의 차이점을 살펴보기로 한다.

4.1.1 안벽-야드 간 배치형태, 선박작업 및 이송구간 운영 비교

유럽형과 한국형 자동화컨테이너터미널의 가장 큰 차이는 안벽-야드 간 배치형태라고 할 수 있다. 수직형 배치는 선박작업 중 육측부분을 무인자동화로 구축하여 완전 자동화컨테이너터미널을 구축하는 형태라고 할 수 있다. 향후에 많은 연구와 노력이 추가된다면 선박의 해측부분도 무인자동화로 구축될 수 있을 것으로 예상되나 현재로서는 선박의 해측을 자동화를 구축한 사례는 없다. 여러 가지 이유가 있겠지만 바다의 조수간만의 차와 파도로 인한 선박의 요동으로 인해 자동화를 구축하는 데 많은 한계가 있을 것으로 판단된다.

수직배치에서 완전자동화를 구축하기 위해서는 안벽크레인에 DHST(Dual Hoist Second Trolley) 방식을 채용한다. 즉 선박에서 일정한 Platform까지만 컨테이너를 이송하는 유인 Trolley(1st Trolley)와 Platform에서부터 Backreach의 AGV가 정차하는 곳까지 무인자동으로 컨테이너를 이송하는 2nd Trolley로 구성된다. 2nd Trolley는 무인으로 정해진 일정거리만 자동으로 움직이도록 구성되어 있어 AGV와 그 작업순서에 대하여 정확한 전산시스템이 구축되어 있으면 연계하여 작업을 진행할 수 있다. 그러나 이러한 시스템에 유인 이송수단인 Y/T를 연계시킨다면 무인자동화와 유인화 간의 충돌로 인한 사고 등의 문제점을 방지하기 위하여 더 복잡한 시스템의 개발을 필요로 할 것이다. 한국형 자동화컨테이너터미널은 유럽형처럼 2nd Trolley System을 구축하지 않고 일반적인 Single Trolley System을 채용하였으며, 동 Trolley System을 이용, 안벽크레인 운전자가 Rail Span 내에서 유인 Y/T에 직접 상하차하는 작업을 진행한다.

한국형 자동화컨테이너터미널에서 안벽배치를 수평으로 하고 선박의 육측 작업 부분을 무인자동화 구역으로 구축하지 않은 이유는 운영사 간에 개별적인 운영방식이나 정책 등에 차이가 있어 무엇이라고 정확하게 말하는 것은 다소 무리가 있어 보이지만 그 이유를 몇 가지로 요약하면 다음과 같다.

첫째, 생산성의 관점이다. 가장 크게 고려해야 할 사항이 AGV의 속도이다. 즉, CTA에서 구축한 AGV의 속도가 유인 Y/T가 낼 수 있는 속도의 3분의 1

정도에 불과하며(AGV 최대 18km/h, 유인 Y/T 최대 45 km/h), 이는 터미널의 생산성과 직결되는 요소이기 때문에, 유럽에 비해 상대적으로 인건비가 저렴한 국내에서는 유인 Y/T를 투입하여 생산성을 더 내는 것이 유리한 방식인 것이라고 판단된다. 물론, 유럽형의 경우는, 해당 블록의 입구까지만 이동하기 때문에 이동거리가 짧다고 할 수도 있지만 블록입구에서 해당 위치까지 이동하는 ATC의 속도(10km/h 미만)도 Y/T에 비해 현저히 낮기 때문에 결국 Y/T로 해당 위치까지 이동하는 속도에 비해 더 많은 시간이 걸릴 수 밖에 없을 것으로 판단된다. 실제로 유럽형(CTA)에서 선박작업 시 낼 수 있는 생산성이 약 25 vans/hr이고, 한국형(HJNC, HPNT)에서 낼 수 있는 생산성은 30 vans/hr임을 감안하면 이러한 원인에 의한 결과라고 보아야 할 것이다. 물론, 유럽형도 기존의 AGV를 적용하는 대신 무인 Shuttle Carrier를 적용하여 생산성 개선을 검토하고 있다. 동 방식은 아직 실제적으로 적용된 터미널은 없는 관계로 향후 그 효과가 검증되면 별도로 연구되어야 할 과제라 생각한다.

둘째로는, 비용 관점이다. DHST 방식을 적용한 Double Trolley Q/C의 경우 일반 Q/C에 비해 장비가가 약 10~20% 정도 비싸고, AGV 1대 가격이 Y/T & Y/C의 6배 정도이다. 또한, 상기에서 언급한 생산성의 차이는 선박조출로 이어지고 선박조출로 인한 연료유 및 선박접안료 절감효과를 상당히 기대할 수 있어 이러한 비용절감 효과 및 초기 시설투자비를 감안하면 유인 Y/T를 채용하고 Y/T 기사를 고용하는 것이 생산성 측면은 물론이고 비용적인 측면에서도 훨씬 유리하다는 것이다. 이러한 비용에 대한 비교는 뒤에서 더욱 상세하게 알아보도록 한다.

4.1.2 야드작업구간 운영 비교

야드작업에는 상기 표에서처럼 유럽형 자동화컨테이너터미널과 한국형 자동화컨테이너터미널이 형태상으로는 유사한 형태를 가지고 있으나 실제로는 많은 차이가 있다.

가장 큰 차이는 블록 내로 진입하는지 여부와 컨테이너 화물을 해당위치로 이동하는 주체가 크레인인지 아니면 이송수단(Y/T 혹은 AGV)인지에 대한 분

명한 차이가 있다. 유럽형 자동화컨테이너터미널은 AGV가 수직형 블록의 해
측 입구까지만 컨테이너를 이송하고 해당위치까지는 야드자동화크레인이 컨
테이너를 장착한 채로 이송시키는 반면에 한국형 자동화컨테이너터미널에서
는 유인 Y/T가 해당되는 위치까지 직접 이송하고 해당 Bay에서 야드자동화크
레인은 상하차작업만 하는 방식으로 되어 있다. 동 작업을 위하여 한국형 자동
화컨테이너터미널은 Y/T나 R/T의 위치를 자동으로 인식할 수 있는 RFID 기
반의 실시간 차량위치 인식장치가 필요하게 되고, 해당 위치에 Y/T가 도착하
였을 때 Y/T를 정차위치로 유도하는 야사자동정차시스템이 갖추어져야 하며,
차량의 RFID를 인식할 수 있는 RFID Reader가 무인자동화크레인에 설치되
어야 한다. 이외에도 블록 내에 진입하는 트럭의 안전을 위하여 각종 안전장치
도 특별히 고려되어야 한다. 이러한 사항들로 미루어 보면 자동화시스템 구축
측면에서는 한국형 자동화컨테이너터미널이 유럽형에 비해 더 많은 부분을 고
려해야 하고 더 많은 시스템을 갖추어야 한다. 상대적으로 유럽형 자동화컨테
이너터미널은 간단한 시스템을 갖추고 있고 안전한 면에서도 더 유리하다고
볼 수 있다.

마지막으로 R/T의 상하차 작업은 원격조정(Remote Control)으로 유사한 형
태를 이루고 있으나, 실제로는 상기에서 언급한 바와 같이 R/T가 블록 내로
진입하는지 여부에 대한 분명한 차이가 있어 상기에서 언급한 동일한 내용의
차이가 발생한다.

4.2 구축 및 운영에 대한 비용 비교

한국형 자동화컨테이너터미널과 유럽형 자동화컨테이너터미널의 구축 및 운영에 대한 비용을 비교하기에는 상당히 많은 부분의 요소들이 검토되고 분석되어야 정확한 비교가 가능하다. 이는 상당히 중요한 결정요인이 될 수 있는 터미널 운영사, 주주 및 선사들의 이해관계 등과 같은 정책적인 면도 포함하여야 정확한 판단이 가능하나 이는 현재로는 비교가 어렵기 때문에 여기에서는 터미널 간에 비교 가능한 요소만을 가지고 비교하기로 한다.

우선 초기 터미널 투자비의 가장 큰 부분을 차지하는 장비(주장비 및 이동장비) 구입 투자비와 한국형 자동화컨테이너터미널에만 적용되는 Yard Tractor 기사의 인건비 및 생산성에 기인한 조출효과 등에 따른 비용을 비교해 보았다.

4.2.1 초기 장비 구입 투자비 비교

장비 구입 투자비용 비교 시에는 한국형과 유럽형 자동화컨테이너터미널 간에 비교를 용이하게 하기 위해서 시설 및 장비 대수에 대한 사전 보정작업이 필요하다.

유럽형(CTA)인 경우, 선석길이 1,400m에 안벽크레인(Q/C) 15기를 보유하고 있고 한국형(HPNT)은 선석길이 1,150m에 Q/C 11기를 보유하고 있다. 동일한 기준을 적용하기 위해서는 선석길이 동일하다고 가정하고 편차만큼을 보정하여 장비 대수를 산정한다. 야드크레인(ATC)과 운송수단의 경우, 통상 Q/C 대수에 비례하여 필요 배치비율을 적용하므로 보정 이전의 배치비율을 동일하게 적용하여 대수를 산정한다.

장비는 Q/C 및 ATC의 경우, 동일한 기준을 적용하기 위하여 세계 최대 장비 Maker인 ZPMC가 제작한 장비를 기준으로 하였으며, 운송수단인 AGV 및 Y/T & Y/C도 해당 Maker측에서 제시하는 가격을 적용하였다.

상기에서 언급한 내용들을 토대로 장비에 투자되는 비용을 비교하면 다음 표 4-2와 같다.

<표 4-2> 장비 구입 투자비 비교

(단위 : 천 USD)

구분	장비 대수 및 장비가					
	한국형(A)			유럽형(B)		
	대수	단가	장비가	대수	단가	장비가
Q/C	11	8,500	93,500	12	10,000	120,000
ATC	36	2,200	79,200	43	2,000	86,000
운송수단	85	100 (Y/T+Y/C)	8,500	69	600 (AGV)	41,400
합계	-	-	181,200	-	-	247,400

※ 안벽길이 기준 CTA에 HPNT와 동일기준 적용 가정하여 장비대수 보정 (상세 “부록” 참조)

4.2.2 인건비 비교

인건비의 경우는 Q/C의 경우는 동일하게 Driver가 있으므로 비교에서 제외하고 운송수단에서 AGV는 무인으로 Yard Tractor(Y/T)는 유인으로 운영되므로 Y/T 인건비만 터미널 운영기간인 30년간 예상비용을 산정하고 매년 5% 정도의 인건비 상승이 있다고 가정, 인건비를 산출하면 다음 표 4-3과 같다.

<표 4-3> Y/T 인건비 산정

(단위 : 천 USD)

Y/T 대수 x 인원	전체 연봉	30년간 예상 인건비
85대 x 255명 (3조2교대기준)	6,150	408,567

※ 30년간 인건비는 매년 5% 인건비 상승 감안하여 산정 (상세 “부록” 참조)

4.2.3 선박 조출효과에 따른 비용 절감효과 비교

앞에서 언급한 바와 같이 현재 CTA 터미널(유럽형)의 경우, 생산성이 시간당 약 25 van/hr 수준이고 HPNT(한국형)의 경우는 시간당 30 vans 정도의 실적을 보이고 있다. 생산성은 선박조출로 이어지고 이는 경제속도 준수로 인한 연료유 및 접안료 절감효과를 기대할 수 있다.

투입선박 및 물량은 부산신항의 HPNT 터미널의 실제 Berth Window 및 물량을 기준으로 작성하였으며, 유가 및 접안료 변동에 따라 차이가 있을 수 있지만 '10년 6월 현재 유가 및 접안료를 기준으로 산정하여 다음 표 4-4와 같은 결과를 얻을 수 있다.

<표 4-4> 선박조출로 인한 연료유 및 접안료 절감비용

(단위 : 천 USD)

연간 절감비용			30년간 운영기준 절감비용
연료비 절감	접안료 절감	합 계	
31,429	538	31,967	959,010

※ 상세 산정자료는 “부록” 참조

4.2.4 전체비용 비교

앞에서 언급한 내용을 종합하여 한국형과 유럽형 자동화컨테이너터미널의 초기 구축 및 운영에 대한 비용을 전체적으로 비교하면 다음 표 4-5와 같다.

<표 4-5> 전체비용 비교

(단위 : 천 USD)

구분	한국형 (A)	유럽형 (B)	편 차 (A-B)
장비가	181,200	247,000	-66,200
인건비	408,567	0	408,567
조출효과 (연료비 + 접안료 절감분)	-959,010	(상대적으로 한국형 비용 및 절감분만 산정)	-959,010
총계			-616,643

상기 표에서 보면 초기 장비 구입 투자비, 인건비 및 선박조출로 인한 비용 절감 효과 등을 감안하고, 30년간 터미널 운영을 가정할 때 한국형 자동화컨테이너 터미널이 유럽형에 비하여 약 USD 616,643천 정도의 비용 절감 효과가 있는 것으로 나타났다. 이러한 비용 경쟁력을 바탕으로 한국형 자동화컨테이너터미널의 해외 진출 즉 글로벌화에 노력을 경주하면 신흥 컨테이너터미널 건설 시장에서 유럽형에 결코 뒤지지 않으리라 확신한다.

현재의 한국형 자동화컨테이너터미널의 생산성이 시간당 30 vans 정도이나 이는 시스템 개선 및 운영기술 향상을 통하여 동 터미널이 안정화되는 2011년 이후에는 그 이상의 생산성으로 개선되리라 예상되며, 이는 한층 더 세계적으로 경쟁력이 있는 터미널로 발전해 나갈 수 있는 기반이 될 수 있을 것이다.

4.3 비교 요약 및 향후 전망

앞에서 한국형 자동화컨테이너터미널과 유럽형 자동화컨테이너터미널과의 비교를 통하여 각 터미널 간의 차이와 경쟁력에 대하여 알아보았다. 운영적 측면에서 생산성이 높은 한국형 자동화컨테이너터미널이 경쟁 우위에 있다고 판단되며, 구축 및 운영비용에서는 초기 장비 투자비는 유럽형 자동화컨테이너터미널이, 인건비 부분은 한국형 자동화컨테이너터미널이 더 많은 비용이 더 소요되나 결국, 높은 생산성에 따른 선박조출로 연료유 및 접안료 절감효과까지 고려하면 전체적인 비용에서 한국형 자동화컨테이너터미널이 경쟁 우위에 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 현재의 터미널 운영 성과를 토대로 검토된 자료이다.

최근, 한국형 자동화컨테이너터미널에는 생산성이 시간당 30 vans 정도이나 2011년에는 그 이상으로 증대시키기 위하여 전산시스템의 개선, Upgrade는 물론, 운영방식의 개선을 통하여 지속적인 생산성 증대를 꾀하고 있다. 또한, 유럽형 자동화컨테이너터미널에도 새로이 건설되고 있는 터미널에는 AGV 대신에 Shuttle Carrier를 적용하는 등의 생산성 증대 노력을 검토 중에 있다. 이러한 노력들이 지속되면 한국형 자동화컨테이너터미널과 유럽형 자동화컨테이너터미널간의 생산성 경쟁도 심화될 것으로 예상되며 진정한 경쟁 우위를 접하기 위해서는 끊임없는 개발과 개선을 시도하는 터미널에게 새로운 기회가 주어질 것으로 판단된다.

제5장 결론

최근 자동화터미널을 구축하고자 하는 니즈가 많이 일어나고 실제로 많이 개발되고 있다. 그 이유를 보면 선박 대형화로 인한 장치장의 효율성 극대화가 필요해졌으며, 화물 증가에 따라 체계적인 장치 위치, 장비 간 정보교환 등의 첨단화로 무한 경쟁시대에 돌입한 항만경쟁에서 비교우위를 점하는 차별성을 보유하려는 노력 때문이라고 판단된다. 또한, 자동화컨테이너터미널 구축을 통하여 인건비와 운영비 절감, 작업 중단 감소로 생산성 향상, 산업재해 대폭 경감 및 항만신뢰성 등의 효과도 아울러 기대할 수 있는 것이다.

국내에서도 최근 부산신항에서 유럽의 선진화된 자동화컨테이너터미널에 견줄 수 있는 한국형 자동화컨테이너터미널을 구축하여 일부 터미널은 정상 운영 중에 있고, 또 일부 터미널은 개발 중에 있다. 이러한 노력은 앞으로도 지속적으로 증가될 것이고 보다 효율적이고 보다 생산성 높은 자동화컨테이너터미널을 구축하기 위한 노력도 각 분야에서 끊임없이 이루어질 것이라 믿어 의심치 않는다.

한국형 자동화컨테이너터미널과 유럽형 자동화컨테이너터미널 중 어느 자동화터미널이 더 경쟁력이 있는지 우열을 가리기에는 한국형 자동화컨테이너의 운영기간이 짧아 다소 이른 감이 있지만, 앞에서 언급한 바와 같이 생산성 측면이나 여러 비용적인 측면에서 보면 한국형 자동화컨테이너터미널이 충분히 경쟁 우위에 있다고 판단되며, 향후에도 시스템의 개발이나 보완의 정도에 따라서 더욱 경쟁력 높은 터미널로 발전할 가능성도 더 크다고 사료된다.

현재 한국형 자동화컨테이너터미널의 생산성이 시간당 30 vans 정도이나 이는 조만간 30 vans/hr 이상으로 발전 가능성을 가지고 있으며, 실제 한국형 자동화컨테이너터미널의 내년도 생산성 목표가 30 vans/hr를 초과하는 것으로 잡고 있어 일부 문제들만 보완한다면 세계 어느 터미널에 견주어도 경쟁력이 있어 국제적으로도 Benchmarking 대상이 될 수 있는 우수한 터미널시스템이 될 것이라고 감히 말할 수 있으며, 향후에는 세계 어느 나라에도 수출 가능한 글로벌화된 자동화터미널 방식이 될 것임을 믿어 의심치 않는다.

마지막으로, 본 연구를 통해 향후 한국형 자동화컨테이너터미널이 세계 제일의 모델로 발전해 나가기 위해서 보완해야 하는 몇 가지 사항에 대하여 언급하고자 한다.

첫째는 체계적이고 검증된 완벽한 자동화시스템 구축으로 안전성에서 충분히 신뢰할 수 있는 터미널이 되어야 한다는 것이다.

앞에서 언급했다시피 한국형 자동화컨테이너터미널이 유럽형 자동화컨테이너터미널에 비하여 상대적으로 단점이 있다면 안전성을 들 수 있다. 즉, 생산성을 염두에 두고 유인 Y/T를 자동화시스템과 연계하여 운영하는 것은 안전이 담보되지 않으면 한마디로 어설픈 자동화컨테이너터미널로 남게 될 수도 있다. 신뢰할만한 자동화컨테이너터미널은 생산성이 높은 터미널일 수도 있으나 우선적으로 사고가 없는 안전성이 우선시되는 터미널로 구축해야 하는 것이다. 만일, 99번의 생산성 높은 운영 후에 단 한 번의 사고라도 발생한다면 이전에 구축했던 어떠한 명성도 물거품이 될 것임은 두말할 나위가 없다. 이를 위해서는 무인자동화크레인의 운영상 발생 가능한 모든 예외사항에 대해 대처 가능한 시스템 개발이 이루어져야 하고, 필요하고 검증된 기술을 활용할 수 있도록 해야 한다.

둘째로, 자동화 관련 국내기술의 지속적인 축적과 인재 개발이 있어야 할 것이다. 자동화는 지속적으로 개선하고 개발되지 않는다면 재래식 시스템으로 변해 버리는 것은 시간문제일 것이다. 외국의 시스템을 도입하고 벤치마킹하는 것도 중요하나 자동화시스템의 지속 가능한 개발을 위해서는 국내 자동화시스템의 견고한 개발모델 구축과 이를 지속적으로 유지 발전시킬 수 있는 개발인력이 확보되어야 할 것이다. 국내 기술의 지속적인 축적과 인재 개발은 미래에도 지속적으로 자동화를 개발할 수 있는 성장 동력이 될 것이다.

시시각각 변하고 있는 세계 항만물류시장에서 기존의 터미널에 비하여 경제적, 기술적 이점을 충분히 지닌 한국형 자동화컨테이너터미널이 21세기 동북아물류 중심항을 지향하는 부산항의 핵심 성장동력이 되어 부산을 넘어 한국 경제에 더 큰 발전을 가져다 줄 수 있는 주엔진이 되기를 항만인의 한 사람으로서 간절히 바란다.

<부록> 자동화터미널 구축 및 운영비용 비교 상세 자료

<표 4-2> 장비 구입 투자비 비교

■ 시설 및 장비 비교

구분		한국형 (A)		유럽형				비고
				현재 기준 (B)		보정가 적용 (B/A)		
안벽	길이(m)	1,150 m		1,400 m		1,400 ÷ 1,150 =1.22		- CTA 대수 ÷ 1.22 =보정가 Q/C당 1대당 동일 적용대수
	Q/C 대수(기)	11		15		12		
야드	ATC 대수(기)	36	3.3	52	3.5	43	3.5	
	운송수단 대수(기)	85	7.7	84	5.6	69	5.6	
	Q/C 1대당	(Y/T + Y/C)		(AGV)		(AGV)		

※안벽길이를 기준으로 CTA에 HPNT와 동일기준(1,150 m)을 적용했을 경우를 가정하여 장비대수를 보정함

■ 장비가 비교

(단위 : 천 USD \$)

구분	장비 대수 및 장비가						비고	
	한국형(A)			유럽형(B)				
	대수	단가	장비가	대수	단가	장비가		
Q/C	11	8,500	93,500	12	10,000	120,000	-장비가는 ZPMC의 최근가 기준으로 추정한 금액임	
ATC	36	2,200	79,200	43	2,000	86,000		
운송수단	85	100 (Y/T+Y/C)	8,500	69	600 (AGV)	41,400		
합계	-	-	181,200	-	-	247,400	편차 (B-A)	66,200

<표 4-3> Y/T 인건비 산정

■ Y/T 인건비 추정

Y/T 대수	Y/T 인원	Y/T기사 1인 연봉 (평균 기준, 단위:원)	전체인원 연봉		비고
			원화 기준	USD 기준	
85 대	255 명 (3조2교대 기준)	30,000,000	7,650,000,000	6,149,518	- USD \$ =1,244 (‘10년 6월 기준)

■ 연간 인건비 추정(30년 기준) - 단위: 천 USD

구분	1년 차	2년 차	3년 차	4년 차	5년 차	6년 차	7년 차	8년 차	9년 차	10년 차
인건비	6,150	6,457	6,780	7,119	7,475	7,849	8,241	8,653	9,086	9,540

11년 차	12년 차	13년 차	14년 차	15년 차	16년 차	17년 차	18년 차	19년 차	20년 차
10,017	10,518	11,044	11,596	12,176	12,784	13,424	14,095	14,800	15,540

21년 차	22년 차	23년 차	24년 차	25년 차	26년 차	27년 차	28년 차	29년 차	30년 차	합계
16,317	17,132	17,989	18,888	19,833	20,824	21,866	22,959	24,107	25,312	408,567

<표 4-4> 선박조출로 인한 연료유 및 접안료 절감비용 비교
(부산항 기준 선박조출시 연료비 절감 효과 검토)

■ 기준 - M-Type (6,500 TEU) 기준

구간	항행거리 (Mile)	선속 (Kts)	항해시간 (日)	Daily소모량 (ton/일) ①	총 소비량 (ton/항차)	유류단가 (US\$/ton)
PUS→LBH	5,245	25	8.7	223.4	1952.9	451

註) 유류단가 기준 : 자재 유가동향 2010년 6월 2째주 (380CTS 기준)

■ 조출 시간별 연료 절감표

(단위 : 톤, US\$)

조출 시간 (Hr)	항행시간 (Hr)	선속 (Kts)	연료소모량 ①	편차 ②-①	항차 소모량	절감액 (항차당)	년간 절감액
1	211	24.9	218	6	1,911	18,777	976,424
2	212	24.8	216	8	1,903	22,383	1,163,923
3	213	24.6	212	12	1,878	33,793	1,757,219
4	214	24.5	210	13.433	1,870	37,178	1,933,272
5	215	24.4	208	15	1,863	40,633	2,112,908
6	216	24.3	206	17	1,855	44,156	2,296,127
7	217	24.2	204	19	1,845	48,563	2,252,298
8	218	24.1	202	21	1,835	53,047	2,758,444
9	219	24.0	200	23	1,825	57,607	2,995,563
10	220	23.9	198	25	1,815	61,968	3,222,337
11	221	23.8	194	29	1,788	74,563	3,877,280
12	222	23.6	190	33	1,760	87,028	4,525,461
13	223	23.5	189	35	1,750	91,544	4,760,287
14	224	23.4	187	36	1,747	92,880	4,829,771
15	225	23.3	186	37	1,744	94,260	4,901,523
16	226	23.2	185	38	1,741	95,683	4,975,541
17	227	23.1	184	40	1,737	97,151	5,051,827
18	228	23.0	183	41	1,734	98,661	5,130,379
19	229	22.9	177	47	1,686	120,165	6,248,590
20	230	22.8	174	49	1,666	129,364	6,726,933
21	231	22.7	171	52	1,645	138,672	7,210,943
22	232	22.6	169	54	1,634	144,022	7,489,214
23	233	22.5	167	56	1,622	149,449	7,771,328
24	234	22.4	165	58	1,609	154,948	8,057,286

주)년간 절감액 : 52항차 기준

(단위 : USD)

투입선박 및 물량				생산성 30 vans(한국형)		생산성 25 vans(유럽형)		작업 시간 차이 (B-A)	선박 조율로 인한 비용 절감					
항로	서비스	선형	물량 (teu)	사량 채량	작업 시간 (A)	사량 채량	작업 시간 (B)		연료비 절감액(\$)		접안료 절감료(\$)			연간 절감액 총액 (\$)
									항량	연 간	G/T	항량	연간	
미주	PSWE)	6.5K	2,442	120	20	100	24	4	37,178	1,933,256	74,373	690	35,855	1,969,111
	PSWW)		2,788	120	23	100	28	5	40,633	2,112,916	74,373	787	40,936	2,153,852
	PCXE)	8.6K	4,346	120	36	100	43	7	44,156	2,296,112	96,500	1,592	82,787	2,378,899
	PCX(W)		4,308	120	36	100	43	7	44,156	2,296,112	96,500	1,578	82,054	2,378,166
	PNWE)	6.5K	1,769	120	15	100	18	3	33,793	1,757,236	74,373	499	25,973	1,783,209
	PNWW)		1,885	120	16	100	19	3	33,793	1,757,236	74,373	532	27,667	1,784,903
	PNW(E)	5.5K	2,442	90	27	75	33	5	40,633	2,112,916	64,054	792	41,173	2,154,089
	NYX	4.4K	1,481	90	16	75	20	3	33,793	1,757,236	51,836	388	20,202	1,777,438
	BCS3(E)	4.6K	1,615	90	18	75	22	4	37,178	1,933,256	53,352	436	22,683	1,955,939
	BCS(W)		1,673	90	19	75	22	4	37,178	1,933,256	53,352	452	23,493	1,956,749
	중남미	3.0K	1,077	90	12	75	14	2	22,383	1,163,916	53,519	292	15,169	1,179,085
구주	AEX	6.8K	5,173	120	43	100	52	9	57,607	2,995,564	74,651	1,466	76,228	3,071,792
아주	KMS	4.5K	3,231	90	36	75	43	7	48,563	2,525,276	51,836	848	44,076	2,569,352
	JTD	1.0K	962	90	11	75	13	2	33,793	1,757,236	-	-	-	1,757,236
	KCX	0.6K	1,000	90	11	75	13	2	37,178	1,933,256	-	-	-	1,933,256
	KPX	1.5K	481	90	5	75	6	1	22,383	1,163,916	-	-	-	1,163,916
합계			36,673	-	344	-	413	69	604,398	31,428,696	893,092	10,352	538,297	31,966,993
											30년 감안시 절감액		959,009,782	

<표 4-5> 전체비용 비교

■ 기준 : 30년 기준(터미널 운영기간 및 장비

(단위 : 천 USD)

구분	한국형 (A)	유럽형 (B)	편 차 (A-B)	산출기준												
장비가	181,200	247,000	-66,200	<p>■장비가 산정 기준 (단위:천 USD)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>유럽형</th> <th>한국형</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Q/C (D H S T 방 식)</td> <td>10,000</td> <td>8,500 (일반 Twin방식)</td> </tr> <tr> <td>A T C</td> <td>2,000</td> <td>2,200</td> </tr> <tr> <td>Q/C (AGV 방식)</td> <td>600</td> <td>100 (Y/T + Y.C 방 식)</td> </tr> </tbody> </table> <p>※Maker(ZPMC) 최근가 기준으로 산정</p>	구분	유럽형	한국형	Q/C (D H S T 방 식)	10,000	8,500 (일반 Twin방식)	A T C	2,000	2,200	Q/C (AGV 방식)	600	100 (Y/T + Y.C 방 식)
구분	유럽형	한국형														
Q/C (D H S T 방 식)	10,000	8,500 (일반 Twin방식)														
A T C	2,000	2,200														
Q/C (AGV 방식)	600	100 (Y/T + Y.C 방 식)														
인건비	408,567	N/A	408,567	<p>◆Y/T기사 現 연봉 기준, 30년 동안 연 5%인상 감안</p>												
조출효과 (연료비 + 접안료 절감분)	-959,010	0 (상대적으로 한국형 절감분만 산정)	-959,010	<p>◆現 생산성 기준으로 연료비 및 접안료 절감분 산정 -現 생산성 : 한국형 30 vans/hr, 유럽형 25 vans/hr</p>												
총계			-616,643	<p>결론 : 한국형이 유럽형에 비해 30년 운영기준, USD 616,643천의 비용절감 효과 있음</p>												

참고문헌

권해경(2002), “자동화 컨테이너터미널에서 운송장비의 효율적인 운영방안”, 동아대학교 대학원, 석사학위논문

김우선(2004), “자동화 컨테이너터미널의 ATC 동적운영로직 및 간섭회피전략 개발 : 광양항 자동화터미널 사례중심”, 한국해양대학교 대학원, 박사학위논문

김종렬(2001), “국내 자동화 컨테이너터미널의 개발 방향에 관한 연구”, 한국해양대학교 대학원, 석사학위논문

박중배 외 2명(2003), “자동화 컨테이너터미널 운영의 새로운 추세”, 대한토목학회, 대한토목학회지, Vol.51 No.5

박춘화, “부산 신항 2-3단계 자동화 컨테이너터미널 도입계획분석을 통한 항만 경쟁력 향상 방안”, 한국해양대학교 해사산업대학원, 석사학위논문

송만순(2003), “우리나라 자동화 컨테이너터미널 개발 계획”, 대한토목학회, 대한토목학회지, Vol.51 No.9

안은영 외 4명(2006), “터미널 장치장 운영”, 한국지능정보시스템학회, 한국지능정보시스템학회 논문지, Vol.12 No.3

윤현성 외 2명(2001), “한국형 컨테이너 야드 자동화를 위한 시스템 개발”, 정보통신연구소, 정보통신연구소 논문지, Vol.8 No.2

전영환(2008), “우리나라 자동화 컨테이너터미널 발전을 위한 핵심요인 분석에 관한 연구”, 동아대학교 대학원, 박사학위논문

최광학(2008), “컨테이너터미널 자동화 게이트시스템 기술 적용 방안 연구”,
인하대학교 대학원, 석사학위논문

홍동희(2004), “자동화터미널을 위한 자원할당 계획의 최적화에 관한 연구”,
경희대학교 대학원, 박사학위논문

Zhang J. 외 2명(2006), “Automated Container Transport System Between
Inland Port and Terminals”, ACM TRANSACTIONS ON MODELING AND
COMPUTER SIMULATION, Vol.16 No.2

Yan N. 외 2명(2007), “A Multi-Agent System for Container Terminal
Automation”, INTERNATIONAL CONFERENCE ON TRANSPORTATION
ENGINEERING, Vol.1 No.3



감사의 글

먼저 이 논문을 쓸 수 있도록 물심양면으로 도와주시고 지도해 주신 광규석 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 또한, 본 논문 심사를 맡아주신 김환성 교수님, 신재영 교수님에게도 감사를 드립니다.

지난 2년간 대학원 수업을 통하여 수준 높은 지식과 정보를 주신 안기명 교수님, 남기찬 교수님, 조성철 교수님, 류동근 교수님, 유성진 교수님께도 감사를 드립니다. 그리고 여러 모임을 통하여 많은 정보를 주신 향만물류학과 모든 교수님들과 관계자 분들에게도 감사를 드리고 지면으로 인사를 대신합니다.

처음 직장 동료의 권유로 해사산업대학원에 입학원서를 냈을 때는 "끝까지 할 수 있을까?"라는 의문을 가지고 출발을 했는데 이렇게 논문을 쓰고 나니 큰 산을 넘은 것 같은 뿌듯함이 있습니다. 대학원 입학 당시에 부산신항 2-2단계 현대상선 터미널을 개발하는 TFT에 있었던지라 정시에 퇴근하여 대학원 수업을 받는 것이 어떻게 보면 사치로 보일 때도 있었던 것이 사실이었는데 이렇게 논문을 다 쓰고 나니 탁월한 선택을 했다는 생각이 듭니다. 마지막으로 논문 쓰기를 포기하려던 저를 끝까지 독려해주신 광규석 교수님께 다시 한 번 깊은 감사를 드립니다.

제 인생의 동반자이자 든든한 지원군인 사랑하는 아내와 두 딸들에게도 사랑한다는 말을 전하고 싶습니다. 마지막으로 지난 2년간 저에게 관심을 가져 주시고 이렇게 좋은 결실을 맺을 수 있도록 도와주시고 배려해 주신 모든 분들에게 머리 숙여 깊은 감사를 드립니다.

2010년 6월
김진우 올림