

국내 자동화 컨테이너터미널 개발 방향에 관한 연구¹⁾

최형림 동아대학교 경영정보과학부 교수	hrchoi@daunet.donga.ac.kr
박남규 동명정보대학교 유통경영학과 교수 University of Nebraska-Lincoln	nkpark@tmic.tit.ac.kr
박병주 Post-Doctor	bpark@unlnotes.unl.edu
유동호 동아대학교 대학원 경영정보학과 박사과정	eastsky@daunet.donga.ac.kr
권해경 동아대학교 대학원 항만물류시스템학과 박사과정	hgkwon@donga.ac.kr

ABSTRACT

Automation of a container terminal is a world-wide tendency nowadays. The interest of ACT (Automated Container Terminal) is increasing more and more because of necessity of container terminal with higher competitive power and ultramodern equipment to down the cost and up the efficiency. ECT (Europe Combined Terminals) and CTA (Container Terminal Altenwerder) have studied a detailed technique for the operation of ACT. In Korea, many projects related to the development of ACT are working at present. However, indiscreet introduction of ACT may cause tremendous loss. Thus it is much important thing that we search relevant automation level or type for an environment. In this study, we propose the necessary strategy in developing ACT through analyzing the present condition, automated equipments and property of operation at advanced ACT. If the strategy is applied in development of domestic ACT, we'll be able to build ACT with higher competitive power.

KEY WORDS : Automated Container Terminal, ECT, CTA

* 본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음

I. 서론

세계적으로 컨테이너 물동량은 98년 이후 8.1%씩 증가하여 2011년에는 세계 전체 물동량의 31.9%에 이를 것으로 예측하고 있고, 선사간 인수합병 및 Hub Port 전략에 의해 선박의 대형화 및 고속화를 이루고 있으며, 터미널 운영비의 증가로 인해 자동화 컨테이너터미널(Automated Container Terminal : ACT)에 대한 관심이 고조되고 있는 실정이다[4]. 국내에서도 이러한 세계적 향만의 환경 변화 및 추세를 인지하고, ACT의 필요성을 절감하여 1998년 10월 해양수산부에서 “ACT 개발 추진계획”을 수립하면서 ACT 개발에 관한 연구에 지원하고, ACT 건설을 추진하기로 하였다. 이후 1999년 12월에 해양수산부와 과학기술부는 “첨단항만핵심기술사업”을 “국가 중점 연구개발사업”으로 선정하였고, 현재 정부 지원을 통해 추진 및 연구 중에 있다[6].

이러한 자동화 컨테이너터미널 계획 및 개발에 관한 프로젝트가 추진되면서 터미널 운영, 자동화 장비, 정보시스템 구축에 관한 기술발전이 이루어지고 있다. 컨테이너터미널의 자동화는 장비뿐만 아니라 정보시스템과의 원활한 연계를 통해 이루어질 수 있다. 이러한 정보시스템의 자동화 수준은 운영시스템의 개발 시기, 위험에 대한 인식도, 투자비용의 충분성, 자동화 범주와 물량특성, 기술수준 등 제반 요소에 따라 달라진다.

따라서 본 연구는 각 특성을 내재한 선진 항만들의 ACT 유형이 각국이 처해있는 환경에 의존하고 있다는 가설을 상황 적응론적인 관점에 따라 증명하고자 하며, 이러한 과정을 통해 국내에서의 ACT 개발을 위한 전략 및 고려사항을 도출하여 향후 ACT 개발 시 활용될 수 있도록 하고자 한다. 이를 위해 본 연구는 다음과 같이 구성된다.

II장에서 컨테이너터미널을 재래식 컨테이너터미널과 ACT로 분류하고 ACT는 다시 완전자동화 컨테이너터미널과 부분자동화 컨테이너터미널로 분류하여 각 형태별 특성을 제시하고, III장에서 완전자동화 컨테이너터미널과 부분자동화 컨테이너터미널로 운영되고 있는 각 터미널이 이러한 형태를 가지게 된 요인들을 분석한다. 이를 통해 IV장에서는 국내에 자동화 컨테이너터미널을 개발할 때 핵심적으로 고려해야 할 사항들을 제시하며 V장에서는 본 연구의 한계점과 향후 연구진행 방향을 나타내는 것으로 구성된다.

II. 컨테이너터미널의 형태별 특성

본 절에서는 재래식 컨테이너터미널과 자동화 컨테이너터미널의 정의를 내리고, 각각의 특성을 파악하며 차이점은 무엇인지 분석하고자 한다. 또, ACT

의 유형은 어떻게 분류할 수 있는지에 대해 논의하고자 한다.

2.1 재래식 컨테이너터미널

일반적으로 컨테이너터미널은 선박으로부터 양·적하되는 컨테이너를 야드에 장치하고 외부트럭 및 기차에 컨테이너를 전달하거나 그와 반대로 컨테이너를 처리하는 장소로 설명된다[7]. 국내의 경우 대부분의 컨테이너터미널이 <표 1>에서와 같이 유인장비를 이용하여 컨테이너를 처리하는 재래식 컨테이너터미널이다. 따라서 재래식 컨테이너터미널은 사용되는 모든 장비가 수동 장비이고, 모든 작업이 숙련된 작업자에 의해 컨테이너를 처리하며, 정보시스템 또한 담당자에 의해 계획·운영되는 터미널로 정의할 수 있다. 재래식 컨테이너터미널에서는 작업자의 숙련도가 컨테이너터미널의 생산성에 결정적으로 영향을 미치고 있다고 할 수 있다.

<표 1> 재래식 컨테이너터미널의 특성

구 분	특성
선측장비	유인 컨테이너 크레인, 주로 Single Trolley 방식 채택, Rail-span에 주행로 위치
야드이송 장비	유인 YT(Yard Truck), 유인 RS(Reach Stacker) 등
야드하역 장비	유인 TC(Transfer Crane), 유인 SC(Straddle Carrier) 등
야드형태	선석방향과 수평배치

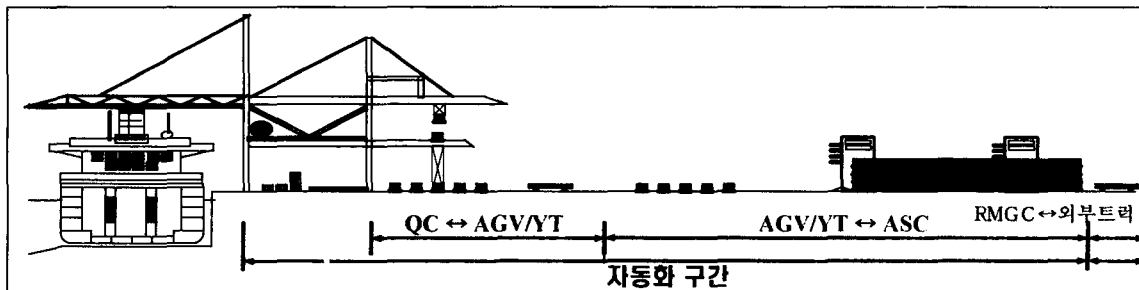
재래식 컨테이너터미널의 작업환경은 사람이 직접 장비를 조작하기 때문에 총 원가 중 인건비 비중이 30~40%를 차지하고 있어 대단히 높은 비중이라 할 수 있고, 작업자의 작업위험성이 높은 점이 ACT의 환경과 다른 큰 차이점이다. 또한 컨테이너의 야드 적재 상태가 야드 작업의 생산성과 연관이 되고 있다는 점에서 재래식 컨테이너터미널의 경우, 야드 작업의 효율성을 높이기 어려운 현실적인 문제가 있다.

2.2 자동화 컨테이너터미널(Automated Container Terminal : ACT)

“ACT는 컨테이너터미널 운영의 핵심프로세스인 선박하역작업, 이송작업, 야드장치 작업의 일부 또는 전부를 자동화한 터미널”로 정의할 수 있다. ACT는 자동화의 범주에 따라 <표 2>와 같이 완전자동화와 부분자동화로 구분할 수 있다. 이해를 돕기 위해 자동화의 범주를 <그림 1>과 같이 표현하였다.

<표 2> 컨테이너터미널의 자동화 정도에 따른 구분

ACT 유형	자동화 구역			주요터미널
	하역	이송	장치	
완전자동화	· 선박하역 유인CC · 선측하역 무인	· AGV	· 무인 RMGC	· 독일 CTA · 네덜란드 ECT
부분자동화	· 유인CC	· 유인 YT	· 무인 RMGC	· 영국 TMP · 싱가포르 PPT · 홍콩 HIT



<그림 11> ACT 자동화 구간[11]

2.2.1 완전자동화 컨테이너터미널

완전자동화의 범주는 야드 장치, 야드와 선측까지의 이송을 포함한다. 이러한 범주의 자동화를 시행하고 있는 터미널은 네덜란드 ECT(Europe Combined Terminal)와 독일 CTA(Container Terminal Altenwerder)가 여기에 해당된다.

네덜란드 ECT는 1993년 세계 최초로 개장한 ACT(DDN : Delta Dedicated North)로서, 이후 DDE (Delta Dedicated East : 1996), DDW(Delta Dedicated West : 2003)로 자동화 영역을 확대하였다. 총 안벽길이는 3.7Km로서 터미널 규모 및 능력면에서 우위에 있고, 자동화 장비 및 개발에 많은 투자를 하고 있다[5]. 장치장 배치는 수직배치형태이고, 장치장 크레인은 4단 6열의 ASC(Automated Stacking Crane)를 사용하고 있다[6]. 선측장비로는 Double Trolley 크레인을 사용하여 CC(Container Crane)의 육측 작업을 자동화 하였으며, 이송장비는 AGV(Automated Guided Vehicle)를 사용하고 있다. 야드 하역장비인 ASC(Automatic Stacking Crane)의 경우 터미널이 확대(DDN → DDE → DDW)됨에 따라 함께 발전되어 적재가능 단적수가 초창기 2단적에서 현재 4단적으로 높아졌고 그 방식도 발전되어 야드 생산성 향상에 기여하고 있으며 블록별 1대의 ASC가 가동되고 있다. 따라서 ASC 고장 시에는 Rescue

Crane을 이용하여 작업을 대체하고 있다는 것이 CTA의 DRMGC 방식과의 차이점이다. CC의 경우는 AGV 주행로가 CC의 Rail-span내에 위치하고 있어 야드 공간 확보가 용이한 장점이 있는 반면, 한편으로는 AGV 주행공간이 제한적이므로 AGV 주행시 발생하는 교통 복잡성 문제를 고려해야 할 필요성이 있다. 그리고, ECT의 자동화 정보시스템은 3개 터미널에서 개별적으로 운영되고 있지만 향후에는 세 개의 터미널을 통합 관리할 수 있는 정보시스템 개발을 계획하고 있다.

이와 달리 독일 CTA는 1단계와 2단계로 나누어 ACT를 개발 중이고 1단계는 2002년 11월 이후 본격적으로 가동하였는데 피더부두 1선석을 포함하여 안벽길이가 총 810m이고, 피더부두에는 전용 크레인을 설치하여 작업 생산성을 높이고 있다. 장치장 배치는 단일 수직 배치형이고, 장치장 크레인은 4단 10열의 DRMGC(Double Rail Mounted Gantry Crane)를 사용하며 ECT와 달리 한대가 고장이 날 경우 다른 한대가 작업을 대체할 수 있는 장점이 있다. 외부트럭을 통해 반·출입되는 컨테이너는 조이스틱으로 RMGC(Rail Mounted Gantry Crane)를 원격으로 조정하여 처리하고 있다. CTA의 경우 네덜란드 ECT에 비해 훨씬 늦게 자동화하였으므로 장비의 진화 측면에서는 ECT보다 진보된 장비라 볼 수 있다. CC는 Back-Reach 아래에 AGV 주행로가 위치하고 있어 AGV의 레인을 증설하거나 Apron과의 연계 시 효율적일 것으로 생각되고, 야드 공간 확보에 어려움이 있을 것으로 판단된다. 이상의 내용은 <표 3>과 같다[9].

<표 3> ECT와 CTA의 주요 내용 비교

구 분	네덜란드 ECT	독일 CTA
현 황	· 자동화 영역을 단계적으로 확대 (DDN→DDE→DDW)	· 2002년 11월 이후 본격 가동
주요장비	· 블록별 ASC : 1대 · 연계시스템 : Straddle Carrier(유인)	· 블록별 RMGC : 2대(교차) · 연계시스템 : Remote Control
정보시스템	· 자체개발	· 자체개발 및 부분적 패키지

완전자동화터미널의 특징을 열거하면 다음과 같다.

- 야드의 수직배치형
- 외부트럭의 야드블록의 끝단 위치
- ATC의 생산성 제고를 위한 운영전략

- AGV 생산성 제고를 위한 동적경로선정전략
- 자동화 구역에 대한 안전지대 설치
- 예외 및 긴급상황에 대한 컨틴전시 플랜수립

추가적으로 영국의 TMP(Thamesport)를 완전자동화 컨테이너터미널의 범주에 포함시킬 수 있는데 AGV가 도입되지 않아 부분자동화로 포함시켜 논의를 진행하고자 한다.

2.2.2 부분자동화 컨테이너터미널

부분자동화 컨테이너터미널의 경우 <표 2>에서 보는 바와 같이 영국 TMP, 싱가포르 PPT, 홍콩 HIT가 해당된다. 본 연구에서는 부분자동화 컨테이너터미널의 특성을 다양한 측면에서 반영하고 있는 세 곳의 터미널만을 대상으로 논의하고자 한다. 먼저 영국 TMP는 <표 4>와 같이 1990년대에 2개의 선석으로 개발되었고, 선석길이는 655m, 수심은 15.5m이다. 선박 양적하 작업과 야드내 이송은 수작업으로 처리하고 있으나 야드내의 컨테이너 처리작업은 무인 RMGC를 이용하여 자동으로 처리되고 있다[3].

TMP는 수평배치 형태의 야드를 이용하고 있지만 수직배치에서의 작업처리와 유사한 형태를 취하고 있어 향후 완전자동화로 전환하기에 유리한 입장에 있다. <표 4>는 TMP의 제원을 나타낸다.

<표 4> 영국 TMP의 현황[12]

구 분	내 용
선석길이	655m
면 적	680,000m ²
처리능력	550만 TEU
CC	6대(Single Hoist)
RMGC	19대
개 장	1990년대

다음으로 싱가포르 PPT는 <표 5>에서 보는 바와 같이 선석길이는 2,267m이고, 면적은 800,000m²이며 CC(유인), OHBC(Over Head Bridge Crane : 무인), RMGC(유인)등을 이용하여 컨테이너 처리작업을 수행하고 있다.

PPT는 1993년부터 OHBC와 AGV를 이용한 자동화 컨테이너터미널 개발에 착수하였으나 AGV는 시험운행을 통과하지 못하여 현재 OHBC만을 이용하여 컨테이너 처리작업을 수행하고 있는 실정이다. 자동화의 대상은 환적화물에 국한하여 처리하고 있다.

<표 5> 싱가포르 PPT의 현황[2]

구 분	내 용
선석길이	2,267m
면 적	800,000m ²
처리능력	227만 TEU
CC	22대(Single Hoist)
OHBC	19대
RMGC	24대
RTGC	92대
개 장	1976년

세 번째로 홍콩 HIT는 <표 6>에서와 같이 선석길이는 3,292m이고, 면적은 920,000m²이며, CC(유인), RMGC(유인), RTGC(Rubber Tiered Gantry Crane : 유인)등을 이용하여 컨테이너를 처리하고 있다. HIT의 RMGC는 다른 터미널과 달리 유인장비이지만 외부트럭에 컨테이너를 상하차 할 경우 14피트 내에서만 수동으로 전환하여 작업자가 작업하고, 그 이외의 구간에서는 자동으로 움직이는 형태이다. 따라서 향후 완전자동화를 위해서는 야드장비 및 이송장비의 자동화에 대한 단계적 접근이 필요한 실정이다.

<표 6> 홍콩 HIT의 현황[13]

구 분	내 용
선석길이	3,292m
면 적	920,000m ²
처리능력	550만 TEU
CC	32대(Single Hoist)
RMGC	24대
RTGC	92대
개 장	1976년

Ⅲ. 자동화 컨테이너터미널의 유형결정 요인

제 II장에서 살펴본 ACT의 특성을 바탕으로 본 장에서는 이와 같은 유형을 어떠한 근거로 제시하게 되었는지에 관해 논의하고자 한다.

3.1 완전자동화 컨테이너터미널 유형결정 요인

앞서 살펴본 바와 같이 완전자동화 컨테이너터미널은 전 세계적으로 독일 CTA, 네덜란드 ECT 두 곳 뿐인데 이들 서구의 항만이 이와 같은 완전자동화를 갖추게 된 주요 원인은 다음과 같이 요약할 수 있다.[8]

- 생산성 향상에 관한 압력²⁾
- 인건비 절감에 관한 압력
- 자동화 기술 선점에 관한 강한 의지

이러한 원인에 의해 두 곳의 선진터미널은 완전자동화 방식을 채택하였는데 반해 TMP의 경우는 유사한 위치에 있는 항만으로 AGV를 사용하지 않고 RMGC만을 무인화 하는데 성공한 사례를 보이고 있다. 영국의 TMP가 부분자동화를 시행한 동기는 예산의 제약 때문으로 밝히고 있다[10].

완전자동화라는 동일 범주 내에 있는 네덜란드와 독일의 경우도 그 동기는 유사할지 모르나 자동화 내용면에서는 상이함을 보이고 있다. 네덜란드 ECT의 경우, 세계에서 최초로 완전자동화에 성공했는데 1993년 처음 만들었을 당시만 해도 자동화에 대한 기술이 고도화되지 못하여, 생산성 측면에서 낙후된 기술이 도입되었었다. 예를 들면 처음 개장한 터미널이 DDN이었는데 이 터미널의 ASC의 적재능력이 2단적에 머물러 있었으며 이것이 차츰 개선되어 DDW에서는 4단적을 하는 정도까지 발전하게 되었다. 2002년 말에 개장한 독일 CTA DML의 경우는 처음부터 4단적 하역장비를 1블록에 2대를 도입하여 생산성 문제를 적극적으로 해결하고자 하였다.

이상과 같은 완전자동화 컨테이너터미널 개발을 위한 배경에는 24시간 꾸준히 무인자동시스템이 하역을 함으로써 투자비는 많이 소요되어도 인건비 등 운영비를 경감함으로써 투자비를 상쇄할 수 있다는 계산에 근거한다. 그러나 총비용 개념의 관점에서는 부분자동화의 선택이 가능한 대안이라고 하여도 기술적 문제와 생산성 문제를 어떻게 극복할 수 있었겠는가? 다음절에서는 부분자동화의 선택결정요인과 기술극복과정에 대해 논의하고자 한다.

3.2 부분자동화 컨테이너터미널의 유형결정요인

부분자동화를 구현한 컨테이너터미널로는 영국 TMP, 싱가포르 PPT, 홍콩 HIT가 거론된다. 이들은 왜 완전자동화를 채택하지 않은 것인가? 예산상의 제약 때문인가? 그렇지 않으면 기술상의 애로사항 때문인가? 몇 가지 의문이 제기될 수 있다. 본 절에서는 이와 같이 제기 가능한 의문에 대해 가설을 설정하고, 터미널 개발 담당자 및 운영 담당자와의 면담과 관련문헌을 통해 이 문제에 대해 해답을 제시하고자 한다.

2) HPC의 CEO Dr. Koch는, 재래식 터미널에 비해 자동화 터미널이 생산성은 30%정도 증가하고 인력 절감은 30%, TEU당 비용절감은 30% 정도 절감된다는 주장하였다.

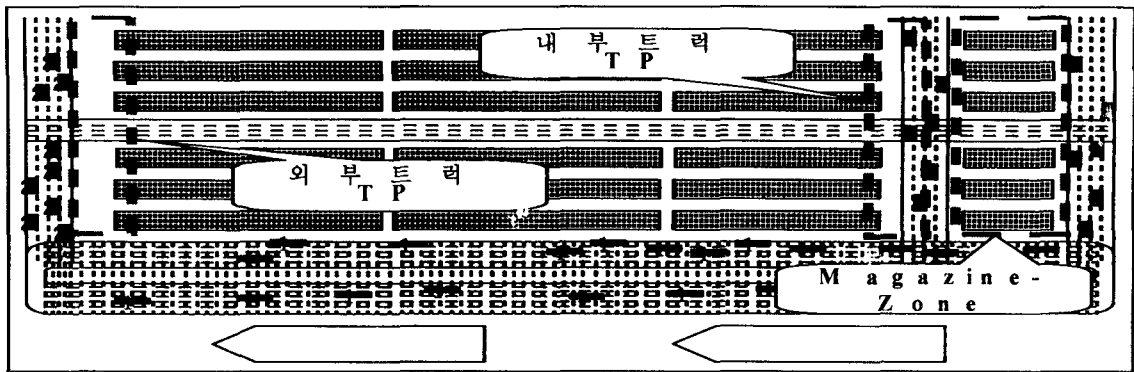
3.2.1 영국 TMP의 부분자동화 유형결정 요인

TMP는 앞서 설명한 바와 같이 유럽의 비싼 임금으로 인해 완전자동화 컨테이너 터미널을 개발하고자 했으나 터미널의 예산문제로 인해 부분자동화 형태를 유지하고 있는 실정이다. 예산상의 이유로 인해 완전자동화의 꿈을 저버리고 부분화의 길을 선택했을 때 자동화 시스템의 기술상 어려움과 생산성 문제를 어떻게 극복했겠는가?

완전자동화의 배경에는 24시간 꾸준히 무인자동시스템이 하역을 함으로서 투자비는 많이 소요되어도 인건비 등 운영비 경감을 달성함으로써 투자비를 상쇄할 수 있다는 계산에 근거한다. 그러나 총비용 개념의 관점에서는 부분자동화의 선택이 가능한 대안이라고 하여도, 기술적 문제와 생산성 문제의 해결방안에 대한 검토가 진지하게 이루어진 흔적을 발견하게 된다.

TMP의 경우, AGV를 사용하지 않고 야드 트럭만으로 선박과 야드간의 이송작업을 하고 있으며, 야드 배치도 수평배치형태이다. 야드의 상하차작업은 빠르게 진행되는 선박하역작업과 보조를 맞추어야 하는 특징을 지니고 있다. 야드 트럭의 지연 때문에 컨테이너크레인의 작업이 지체되어서는 안되며, 야드 하역작업의 지연으로 인해 야드 샷시가 지연되어서도 안되는 상호 관련성을 지니고 있다. 작업량이 많은 내부샷시와 달리 외부트럭의 야드작업은 작업량이 많지 않아 작업의 압박이 적은 특성을 보이고 있다. 따라서 야드의 양사이드 작업, 선박 하역과 외부트럭 작업간의 스피드 차이를 해소해야하는 기술상의 문제가 있다. 이러한 문제해결방식으로 TMP는 버퍼구역을 설정하여 야드의 생산성문제를 해소하는 전략을 선택하게 된다. TMP는 이러한 버퍼존을 메가진 존으로 <그림 3>의 오른쪽 구역을 지칭한다.

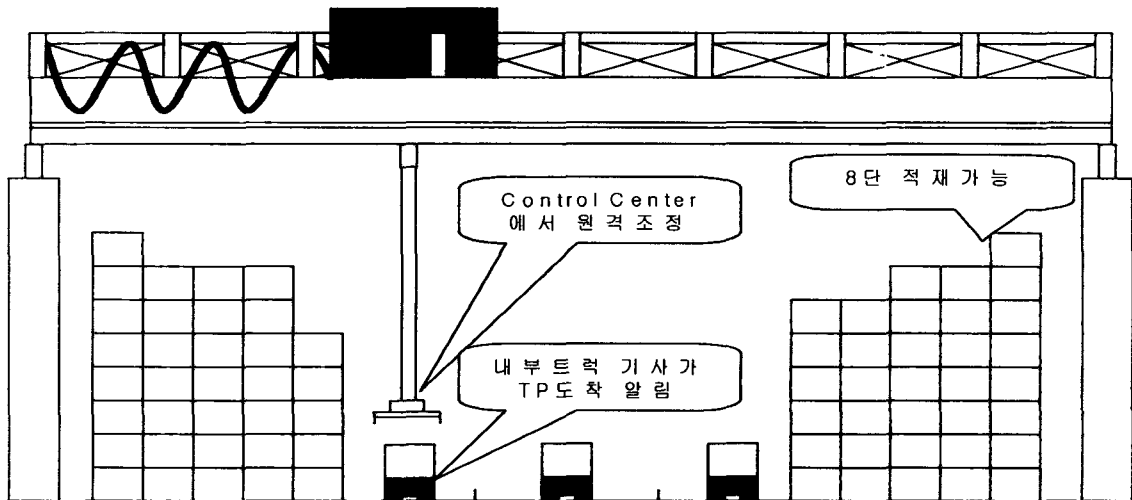
TMP가 외부트럭의 TP를 야드의 끝단에 두어 트럭 상하차작업을 하고 있는 이유가 무엇인가? 외부트럭을 끝단에 두게 되면, ATC(Automated Transfer Crane)의 이동거리가 길어지게 되어 야드의 생산성에 좋지 않는 영향을 미치게 된다. 그러나 생산성 문제를 해결하기 위해 외부트럭을 야드 중간 중간까지 진입하게 만들면, 외부트럭의 도착에 대한 인식기술 문제와 외부트럭의 정위치를 맞추기 어려운 문제점을 동시에 안고 있다. 또한 외부트럭이 야드 중간으로 진입하게 되었을 경우, 운전자의 안전에 대한 문제 및 차량들 간의 데드록(dead lock)현상 등이 발생하기 때문에 양 끝단에서 작업을 하게 된다. 끝단에서의 작업은 작업의 효율성을 높이기 위해 조이스틱을 이용하여 현장 작업자가 미세하게 조정하는 점 등이 특징으로 부각된다.



<그림 12> TMP의 야드 배치 형태

3.2.2 싱가포르 PPT의 부분자동화 유형결정요인

PPT 역시 최초설계는 완전자동화를 지향했지만 AGV 시험운영 중 문제점 발생으로 완전자동화를 보류한 상태라고 알려져 있다. PPT는 전체 물동량 중 환적화물이 85%를 차지하고 있고, 15%정도가 국내 수·출입 물량이다[2]. 따라서 환적화물을 효율적으로 처리하는 것을 가장 큰 목표로 선정하였다. 환적화물을 효율적으로 해결하기 위해 <그림 4>의 무인 OHBC를 활용하고 있다.



<그림 13> 싱가포르 PPT OHBC

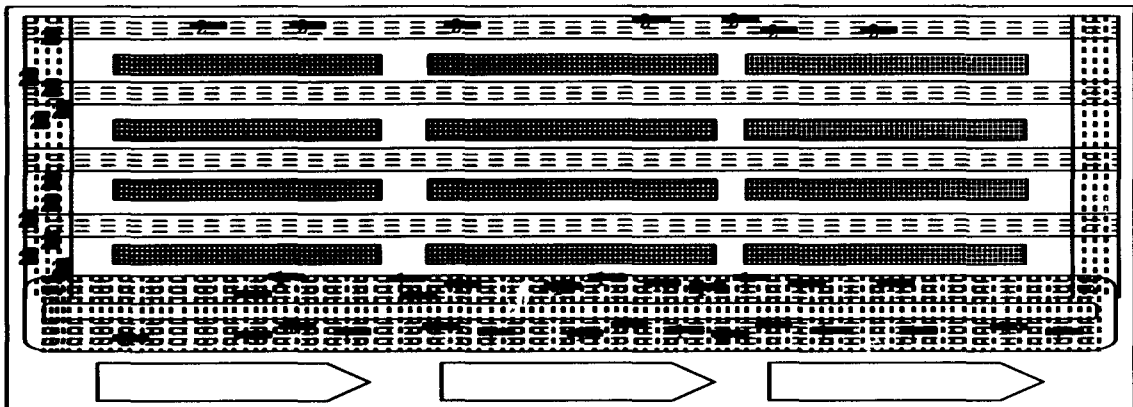
OHBC는 1분당 53m를 주행하면서 8단을 적재하고 있지만 여타의 장비에 비해 주행속도가 떨어지는 것이 특징이다.³⁾ PPT는 왜 환적화물에 대해서만 무인자동화 시스템을 채택했을까? PPT는 외부트럭과의 상하차 작업을 하는 대상은 수출입물량이며, 이것은 유인 RMGC에 의하여 처리된다. 이러한 수출입물량처리방식과 환적화물처리방식의 분리전략은 수출입화물이 차지하는 비중이 전체의 15%밖에 되지 않

3) 참고로 독일의 CTA의 RMGC는 4단적 적재하며, 주행속도는 분당 180meter 로서 주행의 속도가 매우 높다.

기 때문에 비용부담 및 생산성 제고 부담을 느끼지 않았기 때문일 것으로 추정된다. 그러나 이러한 설명보다는 외부트럭 작업을 무인화 장비로 처리할 경우 안전상, 운용상, 기술상의 문제점이 걸림돌로 작용했을 것으로 파악된다. 기술상의 문제점은 영국의 TMP가 느끼고 있는 점과 동일한 점이다. 즉, 외부트럭 도착에 대한 인식의 어려움, 운전기사의 위험성, 외부트럭 정위치의 어려움 등이 야드자동화를 도입하는데 걸림돌로 작용했을 것이다.

이러한 안전상의 문제와 기술상의 문제를 해결하기 위해 많은 상대적 물량비중이 많지 않는 곳에 거액의 투자비를 지불하는 대신, 외부트럭작업에 대해서는 유인 RMGC 도입을 추진하게 되는 것이 더 이득이라고 판단한 것이다. 즉, 물류의 의사결정의 전략지침인 총비용 개념 및 차별화 전략에 충실히 따른 결정이라 보여진다.

여기서 논의하고자 하는 것은 유인 내부트럭의 경우 무인OHBC와 연결을 어떻게 가능하게 하였는가이다. 내부트럭의 경우는 규격이 일정하고, 내부트럭을 인식할 수 있는 장치를 기술적으로 해결했을 뿐 아니라, 차량운전기사의 훈련에 의해 차량의 정위치가 가능했기 때문이다. 이 점이 유인내부차량이 무인 OHBC와 인터페이스를 가능하게 한 제1의 공로자인 것으로서 오늘날 영국 TMP, 싱가포르 PPT 등 부분 자동화 유형을 탄생시킨 모태로서의 역할을 하고 있다.



<그림 4> 싱가포르 PPT의 야드 배치 형태

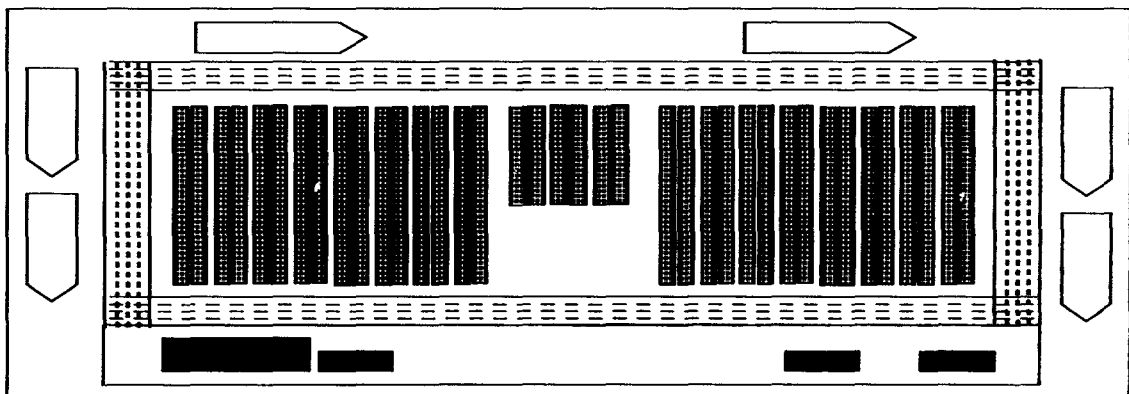
3.2.3 홍콩 HIT의 부분자동화 유형결정 요인

HIT는 90년대 이후 급격한 물량증가로 인해 부지확장 없이 재래식 컨테이너터미널을 이용한 적재능력 및 생산성 향상이 주요 목표로 대두되었다. 이러한 목표를 달성하기 위해 RMGC(유인)를 도입하여 부분자동화 함으로써 생산성을 향상시키고자 하였다.

야드 장비의 경우 RMGC(유인)를 사용하고 있는데 유인장비임에도 불구하고 HIT가 부분자동화 터미널로 분류되는 이유는 RMGC에 항상 작업자가 탑승해 있지만 블록내에서 작업할 때에는 자동으로 작업되고, 내부트럭 및 외부트럭에 상·하차를 위한 작업을 수행할 때 목표지점 14피트 이내에 들어오면 탑승하고 있는 작업

자가 수동으로 작업을 수행하게 된다. 야드크레인에 유인 탑승하는 이유에 대해서 HIT의 관계자는 차량과 운전기사의 안전성 때문인 것으로 설명을 하지만, 추가적으로 외부차량과의 인터페이스에 따른 기술상의 어려움인 것으로 추정된다.

또, HIT는 <그림 5>에서와 같이 타 부분자동화 컨테이너터미널과 달리 야드의 배치 형태가 수직과 수평의 복합적 형태를 취하면서 작업을 수행하는 것이 주요 특성이라 하겠다. 물론 야드의 형태 자체가 특이하다는 것은 아니고, 이러한 형태에서 내·외부트럭에 상·하차 작업을 원활히 수행하고 있다는 것이 주요 특성이라 하겠다.



<그림 5> 홍콩 HIT의 야드 배치 형태

IV. 국내 자동화 컨테이너터미널 개발 전략

본 장에서는 앞서 파악된 선진 ACT의 현황 및 특성을 토대로 국내에 ACT 개발 시 고려해야 할 핵심사항에 대해 논의하고자 한다.

4.1 ACT 추진 전략 분석

앞서 살펴본바와 같이 선진터미널의 ACT의 구현유형은 완전자동화 또는 부분자동화를 불문하고 각각의 개발배경에 의존하고 있음을 알 수 있다. 즉 완전자동화를 추구하는 컨테이너터미널은 인건비의 압박에 더 이상 견디기 어려운 현실적 상황에 부가하여, 기술우위를 통한 경쟁력 있는 항만으로의 역할을 수행하고자 하는 배경을 가지고 있었으며, 이에 비해 부분자동화를 추구하는 컨테이너터미널의 경우는 운영비용의 절감보다는 야드 자동화를 통한 생산성제고가 무엇보다도 우선시 되고 있다는 것이다. 이것은 각국의 컨테이너터미널 개발전략이 상황에 따라 최선의 방안을 모색하고 있다는 것을 실증적으로 보여주는 것으로서 국내의 자동화 컨테이너터미널 개발 시

교환이 되는 점이다. (<표 6> 참조)

4.2 국내 자동화 전략의 유형

국내의 경우 ACT를 개발하고자 하는 움직임이 광양항 및 부산 북항의 터미널에 일어나고 있다. 광양항 3단계 2차 터미널의 경우, 완전자동화를 위한 핵심기술개발 및 정보시스템 개발 ISP (Information Strategy Planning)에 관한 연구가 있었다.

- 1988~2003년 첨단항만 핵심기술 개발사업⁴⁾
- 2001년도 광양항 3단계 자동화 컨테이너터미널 기본계획 수립⁵⁾
- 2002년도 광양항 3단계 2차 자동화 컨테이너터미널 정보전략계획(ISP) 수립⁶⁾

<Table 8> 각 터미널별 자동화 형태 및 환경

터미널	환경	자동화 형태
PPT	환적화물이 85% 차지	환적화물 : OHBC(자동) 수출입화물 : RMGC(수동)
HIT	인건비 상대적 저렴	RMGC(유인), 일정부분 자동화
TMP	예산부족	AGV 사용하지 않음, 자동화 가능 요건 구비
CTA, ECT	인건비 상승, 기술우위 선점	완전자동화

지금까지의 기본 방향은 새롭게 건설되는 터미널에는 완전자동화를 추구하며, 그것도 2002년 말에 개장된 독일 CTA의 유형을 따라가는 것이 최적이라는 암묵적 동의가 바탕으로 되어 있다. 본 절에서는 광양항 3단계 2차 컨테이너터미널 개발의 기본방향에 대해 이미 국가적 차원에서 검증이 완료된 상태이므로 더 이상 문제를 삼지는 않을 것이다. 다만, 선진 터미널의 사례에서 본 바와 같이 우리나라의 상황이 구미의 여건과 유사하며, 개발 원인과 일치하는 가에 대한 논의가 필요하다. 따라서 우리나라의 완전 자동화 개발 배경을 살펴보면 다음과 같다.

- 현재 한국의 인건비 수준이 컨테이너터미널 총원가의 44%에 육박하고 있어, 더 이상 수작업으로 방치하기 어려운 상황이다.

4) 해양수산부·과학기술부(2002. 10) : 자동 컨테이너 운송차 설계 및 제어기술 개발 의 2, 4차년도 보고서

5) 한국컨테이너부두공단(2001.12) : 광양항 3단계 자동화 컨테이너터미널 개발 기본계획 최종보고서

6) 한국컨테이너부두공단(2003.4) : 광양항 3단계 2차 자동화 컨테이너터미널 정보전략계획 수립(ISP) 용역 최종보고서

- 인력에 의한 생산성 제고에도 한계를 보이고 있어 더 이상 재래식 방식에 의존하기 어렵다.
- 작업자의 재해율이 국내 타산업에 비해 무려 5배 이상을 보이고 있어, 더 이상 재래식 방법으로서는 안전을 확보하기 어렵다는 것이다.
- 국내의 터미널 건설 기술, 조선 기술, 크레인기술수준은 세계적인 수준인데 비해, 터미널의 자동화 기술이 늦어 이에 대한 기술선점의 의욕이 팽배해 있다는 것이다.

이러한 개발 배경을 뒷받침하는 연구가 수행된 바 있는데 그 연구는 AHP 기법에 의해 광양항 컨테이너 터미널의 개발 목표의 우선순위를 조사하였다 [1]. 이러한 배경에 비추어 새로이 건설되는 광양항 컨테이너터미널의 경우 완전자동화를 지향한다는 전략은 의미가 있다고 판단된다. 특히 향후 인건비의 비중이 높아지고 있는 상황에서는 더욱 설득력이 있다. 다만, 광양항의 경우, 향후 투자비를 회수할 수 있을 정도의 충분한 처리 물량을 확보할 수 있을 것인가에 대한 의문은 있지만 이 주제는 본연구의 범주에 벗어나 있어 논의를 생략하고자 한다.

- 운영비 절감(1위)
- 운영효율화 및 생산성 향상(2위)
- 고객서비스 제고(3위)
- 자동화시스템 성능향상(4위))
- 초기투자비 절감(5위)

다만 국내에서는 충분한 기술축적이 없기 때문에 추진 시 다음의 사항을 고려할 필요가 있다.

첫째, 자동화 부분과 비자동화 부분의 인터페이스를 위한 기술적, 제도적 방안이 강구되어야 한다. 둘째, 운영, 정보기술, 토목, 장비들의 유기적인 결합을 통해 정보시스템이 개발되어야 한다는 것이다.

셋째, 자동화 컨테이너터미널 시스템 개발전략으로 점진적 접근방법을 사용해야 한다. 즉, 먼저 안정성을 목표로 개발하고 차츰 효율성을 높이는 단계로 나아가야 하는데 그러기 위해서는 검증된 기술을 활용하여야 한다.

현재 추진 중인 부산 북항의 P터미널 자동화 전략은 부분 자동화를 도입하는 경향을 보이고 있다. 이러한 배경에는 기존의 운영방식을 유지하면서 새로이 건설되는 터미널의 배후 야드 작업의 생산성 향상과 인건비 절감 효과를

높이고자 하는 내부적 상황에 기인하고 있다. 이미 운영되고 있는 재래식 컨테이너터미널에 자동화 방식을 도입하고자 할 때 어떤 방식이 적합한지를 제안하는 것이 쉬운 일은 아니다. 그것은 컨테이너 터미널의 내부의 경영전략과 밀접한 연관관계를 가지게 되기 때문이다. 다만 부분자동화를 도입할 시 다음의 상황에 대해 면밀한 검토 후에 방식을 결정하는 것이 바람직하다.

- 야드 상하차 작업 시 외부트럭의 도착을 어떻게 인식할 것인가?
- 야드 작업의 생산성을 어떻게 제고할 것인가?
- 야드 작업 시 외부차량의 정위치를 어떻게 보증할 것인가?
- 외부트럭 기사의 작업안전을 어떻게 확보할 것인가?

V. 결 론

컨테이너터미널에 있어 자동화는 세계적 추세이다. 그러나 무분별한 자동화 도입은 막대한 손실을 초래할 가능성이 높다고 할 것이다. 그러므로 자국의 환경에 적합한 자동화 방식을 채택하여 단계적으로 완성도를 향상시켜 나감으로써 경쟁력 확보 및 생산성 증대를 달성하여야 한다.

따라서 본 연구에서는 자동화 컨테이너터미널에 대한 선진 ACT의 최신 현황과 자동화 장비, 운영의 특성 및 ACT 개발을 위해 추구한 전략을 분석함으로써 연구의 성과를 나타내었다고 본다. 이러한 사항들을 향후 국내 ACT 개발 시 활용한다면 국내환경에 적합한 자동화 컨테이너터미널의 개발이 가능할 뿐만 아니라 국제적으로도 경쟁력 우위를 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

[참고문헌]

- [1] 박남규, 최형림, 이창섭, "AHP기법을 활용한 자동화 컨테이너터미널 운영 목표 설정에 관한 연구", 제40호, 2004.3, pp.113~129
- [2] (주)신선대컨테이너터미널, "해외 항만(터미널) 벤치마킹 보고", 2004
- [3] 한국물류정보통신 컨소시엄, "부산항만공사 정보시스템 구축을 위한 중장기계획 수립에 따른 해외 선진사례 벤치마킹 결과보고서", 2003
- [4] 한국은행 부산본부, "부산지역 항만물류 인프라 현황과 과제", 2003 지역경

- 제 학술세미나 결과보고서, 2003. 11
- [5] 한국컨테이너부두공단, "광양항 3단계 자동화 컨테이너터미널 개발 기본계획", 최종보고서, 2001. 12
- [6] 한국컨테이너부두공단, "자동화 컨테이너터미널 개발 워크샵", 2003. 8
- [7] Dirk Steenken, Stefan Vob, and Robert Stahlbock, "Container terminal operation and operations research-a classification and literature review", OR Spectrum, 26:3-49, 2004, pp.3-49
- [8] Dr. Thomas Koch, "Automated Container Terminals-Benefits for Operators and their Clients", International Symposium on Automated Container Terminal, the Trend in the 21th Century, 2003
- [9] Hyung-rim Choi, "Current Status and Development Strategy of the Automated Container Terminal", The 5th ASIA OCEANIA REGIONAL MEETING, 2004. 3, pp.97-131
- [10] Jan Van Beeman, "Automatic Container Terminal International Symposium on Automatic Container Terminal the Trend in 21st Century", 2003. 9
- [11] Patrick Johannes Maria Meersmans, "Optimization of Container Handling Systems", 2002. 4
- [12] <http://www.hph.com.hk/business/ports/europe/Thamesport.htm>
- [13] http://www.hph.com.hk/business/ports/hong_kong/hit.htm