

컨테이너 터미널 자동화의 개념적 모형 정립

남 기 찬* · 하 원 익**

Conceptual Models for Container Terminal Automation

Nam, Ki-Chan · Ha, Won-Ik

Abstract

The introduction of automated systems for container terminals is a core issue around the world with the rapid advance of relevant technologies such as computer science and artificial intelligency. This also becomes a hot issue in Korea. However, the basic and conceptual idea on terminal automation is not made clear yet. This paper therefore aims to make contribution on the understanding of basic concept on that by setting conceptual models of terminal automation.

1. 서 론

컨테이너 터미널 운영과 관련된 정보통신 기술과 하역장비 기술의 발전은 빠르게 이루어지고 있으며, 터미널 자동화에 대한 논의가 활발하게 이루어지고 있다. 자동화에 관한 논의나 기술을 도입하는데 있어서 드러난 주요 문제점은 터미널 자동화에 대한 명확한 개념적인 이해가 부족한 상태에서 이루어지는 점과 게이트, 장치장, 안벽 등 터미널 전반에 거친 효과 및 영향 분석 없이 특정 부문의 자동화를 추진하는 것이다. 즉, 전체 시스템 관점에서의 자동화가 아닌 부분적인 자동화(islands of automation)를 추진하여 자동화의 기대 효과를 제대로 살리지 못하는 결과를 초래하는 것이다.

컨테이너 터미널 자동화는 계획시스템(planning systems) 자동화, 운영통제시스템(operating and monitoring systems) 자동화, 하역장비(handling systems) 자동화 등으로 구분해서 고려해야 한다. 이러한 분류는 터미널의 운영을 기준으로 한 것이며, 소프트웨어 측면과 하드웨어 측면으로 자동화 대상을 분류하게 된다. 하역 장비의 자동화는 운영통제시스템의 자동화가 선행되는 것을 조건으로 하기 때문에 하드웨어 자동화와 소프트웨어 자동화는 밀접하게 관련되어 있으며, 우선 순위를 따지자면

* 물류시스템공학과 교수

** 한국해양대학교 대학원

소프트웨어 측면의 자동화가 앞선다.

최근 국내에서도 컨테이너터미널의 계획 및 개발이 적극적으로 추진되면서 자동화 도입에 관한 논란이 일고 있으나 외국의 사례를 소개하는 수준에 그치고 있으며, 개념적인 정의나 우리나라 상황과 관련하여 타당성을 체계적으로 평가한 연구는 이루어지지 않았다. 국외에도 자동화시스템의 생산성 및 경제성 등의 평가에 관한 객관적인 연구는 없으며, 특정 터미널 상황에 한정된 일부 연구가 발표되었다. 최근 연구로서는 연간 처리량 25만 lifts 정도의 소규모 터미널을 대상으로 채래시스템과 무인자동화시스템(AGV, ASC)을 비교 평가한 연구가 그리스 the National Technical University of Athens, ECT, NEA Transport Research and Training에 의하여 발표되었다.(Ballis et al. 1997)

본 연구는 터미널 자동화에 대한 전반적인 개념에 대한 이해를 돕는 것을 목적으로 하여 컨테이너 터미널 자동화의 개념, 자동화 추진 현황, 자동화 타당성 평가 등을 다룬다.

2. 터미널 자동화 개념

2.1 자동화 도입 배경 및 목적

일반적으로 터미널은 생산성 향상과 비용절감 효과를 얻을 수 있는 신기술에 관심을 가지게 된다. 터미널의 이용률(utilization)이 낮은 경우 운영 및 경영 개선을 통한 기존 시스템의 생산성 향상을 꾀하게 되나 기존 시스템의 생산성 증대가 한계에 도달한 상황에서 더 이상의 생산성 증대가 필요할 때 신기술에 의한 자동화 시스템의 도입을 추진하게 된다. 이때 주 관심사는 장비의 이용률 극대화를 위한 computer 시스템 도입과 특수 장비 및 자동화 하역장비 개발이 된다.

결국 터미널 자동화의 목적은 생산성 향상, 비용 절감, 서비스 수준 향상 등에 모아지게 된다. 이들 세부 목표는 상호 트레이드오프 관계에 있기 때문에 이를 달성하기가 쉽지 않다.

2.2 자동화 분야 및 자동화 시스템 형태

컨테이너 터미널 자동화 분야는 요소 기술 측면, 소프트웨어 부문 그리고 하드웨어 부문으로 나누어서 살펴볼 수 있다. 요소기술 부문은 자동화의 근간이 되는 기술로서 주요 내용은 무선 데이터 전송 시스템, N/W 및 D/B, 자동장비 및 컨테이너 인식시스템, 관제(monitoring) 시스템 등으로 구성된다.

S/W 부문은 계획자동화 시스템, 운영 통제 자동화 시스템, 터미널 계획 및 운영 평가 시뮬레이션 모형(DSS) 등으로 구분할 수 있다. H/W 부문은 게이트 자동화, Q/C, 야드 크레인, 야드 트랙터 등 하역 장비 자동화 등으로 구성된다.

이들 각 부문은 상호 밀접하게 관련되어 있으며, 자동화 부문의 각 기능과 관련 핵심 기술 그리고 목적 등은 <표 2-1>과 같이 정리할 수 있다.

〈표 2-1〉 컨테이너 터미널 자동화 분야 및 특성

	주요 모듈	요소기술	주목적	시스템간 연관성
계획시스템 자동화	- 선석배정 - Ship Planning - Yard Planning	- 최적화 모형 - 인공지능기법	- 시간단축 - 장치장, 장비 이용률 극대화	- 독립적
운영통제 시스템자동화	- Gate 통제시스템 - 장치장 통제시스템 - 장비 통제시스템	- 인식기술 - 최적화 모형 - 인공지능기법	- 장치장, 장비 이용률 극대화 - 생산성 향상	- 독립적 - 계획자동화와 연계시 효율 극대화
장비자동화	- 게이트 자동화 - 크레인, 트렉터 무인화	- 인식기술 - 컨트롤 기술	- 시간단축 - 인력 절감	- 독립적 - 대규모 터미널의 경우 계획, 운영시스템과 연계 필요

컨테이너 터미널의 자동화 시스템은 터미널 운영을 중심으로 할 때 유인 자동화 시스템과 무인자동화 시스템으로 대별 할 수 있다. 유인 자동화시스템은 소프트웨어 부문의 자동화로서 운영의 효율을 극대화하는 것이 목적이며, 무인자동화는 하역장비의 무인화에 초점이 모아지며 무인화가 궁극적인 목적이 된다.〈표 2-2〉

〈표 2-2〉

자동화 시스템 형태

	유인자동화 시스템	무인자동화 시스템
주 목 적	운영 효율성 추구	무인화 추구
형 태	- 계획자동화 + 재래운영시스템 + 유인 장비 - 계획자동화 + 운영자동화 + 유인 장비	- 계획자동화 + 운영자동화 + 장비무인화 - 운영자동화 + 장비무인화

2.3 터미널 자동화 진전 단계

자동화 진전과정은 터미널 수명 주기, 운영 기술 수준, 노무 공급 관계, 터미널 운영 목표 등의 측면에서 고찰할 수 있다. 터미널이 성숙기로 접어들고 운영 기술 수준이 어느정도 축적되는 단계에 이르면 계획시스템의 자동화가 이루어진다. 이는 전문 인력에 의하여 수행되던 선석 배정, 장치장, 본선하역 등의 계획 업무를 인공지능 기법 등을 이용하여 지능화를 하는 것이다.

한 단계 더 진전이되면 운영 및 통제 시스템의 자동화가 추진된다. 즉, 계획 자동화를 바탕으로 하여 작업 지시 및 통제 부문을 계량 모형 및 인공지능 기법, 종합 관제시스템 등을 통하여 지능화하는 것이다.

하역 장비의 자동화는 인력 공급 관계가 결정 요인이며, 특히 인건비가 지나치게 높거나 장비 기사 등 전문 인력을 확보하기가 어려운 상황에서 적극 도입하게 된다.

터미널 수명주기	도입기	성장기	성숙기	쇠퇴기
운영기술 수준	낮음	중간	높음	
노무 공급관계		공급안정기		공급부족기
터미널 운영 목표	시설확충	생산성 증대, 비용절감	서비스 향상	인력절감
자동화 도입단계	<----- 계획시스템 자동화 -----> <----- 운영시스템 자동화-----> (-장비 자동화-)			

〈그림 2-1〉 터미널 자동화 진전 단계

3. 컨테이너터미널 자동화 현황

3.1 주요 터미널 현황

전세계적으로 컨테이너 터미널의 자동화는 자동 컨테이너 인식시스템이 실용화 단계에 있으며, Q/C, T/C 등 하역장비는 인력에 의존하는 유인 중심이 주류를 이루고 있다. 소프트웨어 측면에서는 장치장 및 장비 이용 극대화를 위한 computer-aided 수준의 계획시스템이 구축되어 있고 장비 이동 시간을 최소화하는 운영 통제시스템을 도입하는 단계에 있다.

자동화 수준으로서는 인공지능 기법을 도입한 계획시스템이 일부 주요 터미널을 중심으로 적극 도입되고 있으며, 운영 통제 부문은 아직 뚜렷한 진전을 보이지 않고 있다. 장비의 무인화는 아직까지 네덜란드 ECT 터미널이 유일한 경우이다.

〈표 3-1〉

주요 터미널 자동화 도입 현황

	계획시스템	운영 통제시스템	장비 무인화
ECT	×	○	○
가와사키	도입단계	도입단계	×
PSA	○	○	×
HIT	△	△	×
함브르그	○	○	×

○ : 완벽하게 운영 △ : 부분적으로 운영 × : 운영되고 있지 않음

운영 통제 부문의 주요 자동화 현황으로서는 함브르그 HHLA의 Satellite-Controlled Container Handling 시스템을 들 수 있다. 이는 Satellite(DGPS)와 Laser/Radar(LADAR)로 구성되는 장비 및 컨테이너 위치 인식시스템과 야드장비 배정 및 통제(S/C routing and Control)시스템으로 구성되어 있다. S/C를 기본으로 하는 터미널에 있어서 장비의 이동 거리를 최소화하는 것이 주 목적이다.

현재 가동되는 장비 무인화의 유일한 시스템인 ECT 시스템은 AGV, ASC, S/C 등의 기기와 제어

시스템인 Process Control System(PCS)으로 구성되어 있다. 그러나 현재 평균 약 1.5단적의 낮은 적재율로 인한 생산성 저하, 고투자 등의 한계를 안고 있다.

이외에 일반적으로 인용되고 있는 Thamsport 시스템(AGV, RMG), PSA시스템(OHBC, AGV), Linear Motor 시스템 등을 들 수 있으나 ECT 시스템과 비교시 상당한 한계를 내포하고 있어서 상용화까지는 해결해야할 많은 문제점이 있다.

3.2 자동화의 한계

ECT 시스템을 제외하고 기존 터미널에 구축된 자동화 시스템은 부분적 자동화시스템을 채택(islands of automation)하고 있다. 또한 터미널 제반 여건 특성에 맞는 방향으로 자동화가 진전(ECT 인력 문제 해결, PSA 생산성 향상 등)되고 있으며, 보편적 자동화시스템은 없다고 할 수 있다.

기존 무인 자동화시스템 역시 요소기술의 한계를 안고 있다. 즉, ECT 시스템의 경우 처리 가능한 최대 물동량이 약 120만 TEU이며, 안벽길이 기준 약 1000m이다. 현재 장치 단적수는 평균 1.5단 정도이며, 향후 최고 3단적까지 시스템을 개선할 계획으로 알려져있다.

종합적으로 볼 때 현재까지 무인 자동화 시스템의 도입은 실용성보다는 특정 여건의 해결이나 이미 지 채고 혹은 국가적 차원의 기술 경쟁력 제고 측면이 강하다고 할 수 있다.

4. 자동화 시스템 도입의 타당성 검토

4.1 자동화 시스템 도입시 고려점

자동화 시스템을 도입할 때 고려해야할 여러 요소들이 있으나 도입목표, 터미널 여건, 사회·경제·문화 여건 등으로 대별할 수 있다.〈표4-1〉 도입목표는 터미널 운영 측면에서 생산성 향상, 비용절감, 서비스 수준 향상, 인력 절감 등을 들 수 있으며, 장비제조업체 혹은 정부 입장에서는 터미널 자동화 기술 축적이 주 목표가 될 수 있다.

터미널 여건으로서는 자가 혹은 공용 터미널, 소형 혹은 대형 터미널, 지가 수준 및 가용 부지 정도 등을 들 수 있다.

이외에 인건비 수준, 노무 공급 수준, 숙련도 및 근면성, 개인주의 진전 등 사회 문화적 여건이 자동화 도입에 영향을 미치는 요소이다.

〈표 4-1〉

자동화 시스템 도입시 고려점

부 문	요 소
도입 목표	<ul style="list-style-type: none"> - 생산성 향상 - 비용절감 - 서비스 수준 향상 - 인력 절감 - 자동화 기술 축적
터미널 여건	<ul style="list-style-type: none"> - 자가 혹은 공용 - 소형 혹은 대형 - 지가 수준 및 터미널 부지 가용성
경제·사회·문화 여건	<ul style="list-style-type: none"> - 인건비 및 인력 수급 정도 - 작업자 기술력 및 근면성 - 문화적 특성(개인주의 대 집단주의)

4.2 단계별 자동화 도입 방안

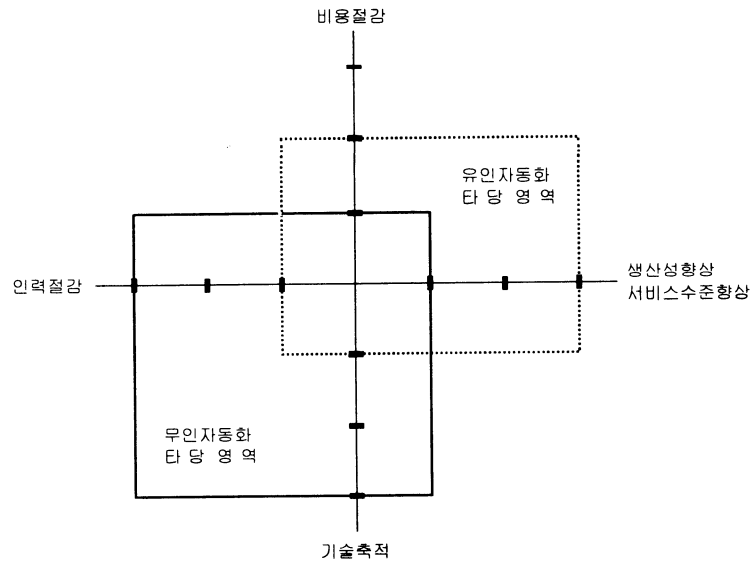
자동화 시스템 도입은 단계별로 이루어지는 것이 타당하다. 크게 3단계로 나눌 수 있는데 제 1단계는 정보시스템을 도입하는 단계이다. 신속한 정보제공, 터미널 운영 및 관리 주체 전반의 통합화 등으로 작업 효율 증대를 꾀하는 것이 주 목적이며, 투자규모가 상대적으로 낮기 때문에 우선 투자 대상이다.

제 2단계는 계획자동화 및 운영자동화시스템을 도입하는 것이다. 기존 시설, 장비, 인력의 이용 효율 극대화를 꾀하는 것이 주 목적이며, 투자 규모가 상대적으로 낮다.

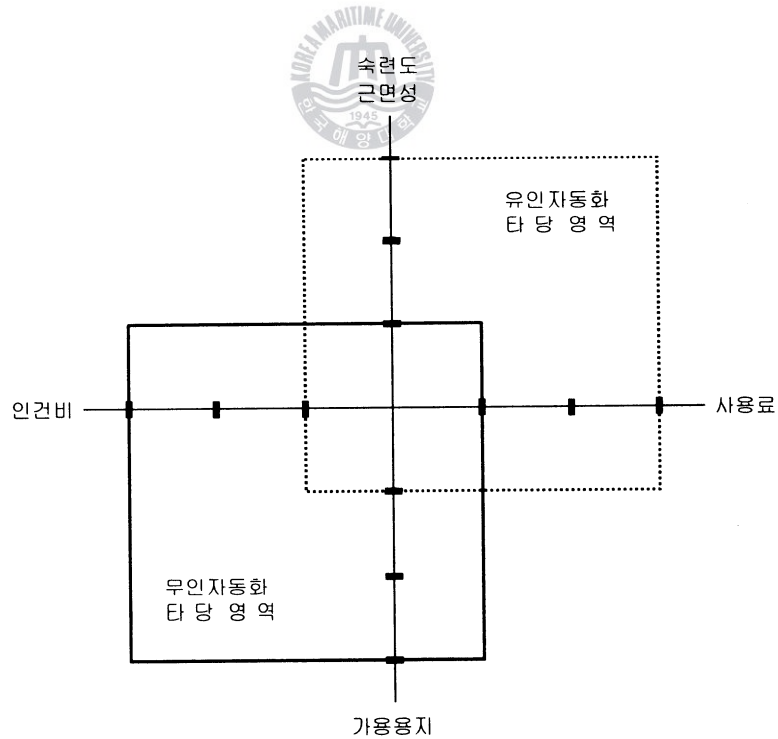
제 3단계는 장비 무인화를 도입하는 단계이다. 일반적으로 터미널 여건상 인력 공급에 문제가 있거나 인건비의 비중이 지나치게 높을 때 추진하게 된다. 각 장비의 인력 감축이 주목적이며, 기존 시설과 장비를 대체하는 대규모 투자를 요하기 때문에 신중한 생산성 및 경제성 검토가 필요하다.

4.3 자동화 도입 평가모델

자동화시스템 도입의 타당성 평가는 도입 목적에 따른 평가와 터미널 여건 특성에 따른 평가로 나눌 수 있다.〈그림 4-1〉〈그림 4-2〉 인력 절감과 자동화 기술 축적이 주 목적이 될 때는 무인 자동화가 타당하며, 생산성 향상이나 비용 절감이 조 목적일 때는 유인자동화가 타당하다.



〈그림 4-1〉 자동화시스템 도입 목적에 따른 평가



〈그림 4-2〉 터미널 여건 특성에 따른 평가

터미널 여건 특성에 따른 평가 측면에서는 항만부지 임대료가 아주 낮은 경우 대규모 상부구조에 대한 투자가 가능하고(유럽의 경우), 인건비가 상대적으로 높은 비중을 차지하는 경우 인건비 절감이 주목표가 되기 때문에 무인 자동화가 타당하다.

그러나 인력의 숙련도, 근면성 등이 높고 노사관계가 원만할 때는 유인자동화가 타당하다.

우리나라의 경우 터미널 비용 구성 측면에서 볼 때 인건비의 비중이 상대적으로 낮고 대신 터미널 사용료 수준이 외국 터미널에 비하여 월등히 높다.〈표 4-2〉 이는 곧 하역 장비 등 상부 구조물에 대한 투자의 여지가 저으며, 인력 절감을 주요 목표로 삼을 필요성이 낮음을 의미한다. 즉, 현재의 여건을 기준으로 할 때 우리나라의 여건을 볼 때 무인 자동화보다는 유인자동화가 타당하다고 할 수 있다.

〈표 4-2〉 터미널 비용 구성 현황(%)

	미 서안 터미널	유럽 터미널	유럽 터미널 기준 시뮬레이션	우리나라
인건비	38	60	41.4	29
터미널 임대료	26	5.25	6.0	41
감가상각	24	12.5	24.2	30
유지.보수		6	23.2	
에너지		4	5.3	
보험.세금	12	3.25	-	
기타 운영		6	-	
이윤	-	3	-	-
	100	100	100	100

4.4 현 추세 및 전망

오늘날 터미널 간의 경쟁이 심화되고 있는 상황에서 터미널 운영의 1차 목표는 생산성 향상 및 서비스 수준 제고로 설정될 수 있다. 일반적인 생산성 지표는 작업인원, 안벽길이, 크레인, 게이트 단위 수차당 컨테이너 처리량으로 나타나며, 선사에 대한 서비스 제고 관점에서의 서비스지표는 선박의 port time을 단축할 수 있는 시간당 처리량(lifts/hour)으로 나타난다. 터미널이 서비스 경쟁체제로 전환되면서 port time 단축이 주 이슈가 되고 있으며, 이에 따라 선박당 할당되는 장비 대수를 증가시키는 추세가 뚜렷하다. 장비대수 증가는 장비간섭 문제로 한계가 있으며, 장비 대수가 증가할수록 최적장치계획 및 최적 장비할당을 위한 계획시스템 및 운영 통제시스템의 중요성이 커진다고 할 수 있다. 이러한 현실을 고려할 때 터미널 운영 목표를 달성할 수 있는 방안은 〈표4-3〉과 같이 설정할 수 있을 것이다.

<표 4-3>

터미널 운영 목표를 달성하기 위한 방안

	방 안	기대 효과	문 제
H/W 측면	- 선박당 Q/C 할당대수 증가 - T/C 대수 증가 - Tractor 대수 증가	- 생산성 증대, 서비스 수준 증대	- 장비 간섭 증대
S/W 측면	- 정보통신시스템 구축	- 신속, 정확한 정보 교환	
	- 선박 및 장치장적부계획 시스템 구축	- 장치장 이용 극대화 - 장비 이동거리 최소화 - Rehandling 최소화	
	- 운영 통제시스템 구축	- 장비 이동거리 최소화	
	- 운영개선 시뮬레이션 모형 도입	- 운영 process 개선	

5. 결 론

본 고에서는 현재 국내외적으로 활발하게 논의되고 있는 컨테이너 터미널 자동화에 대하여 이론적인 모형을 제시하였다. 우선 현 상황에서 볼 때 보편적 자동화 시스템은 없으며 지역 여건에 적합한 자동화 시스템을 구축하고 있다고 정리할 수 있다. 또한 기존 무인 자동화 시스템은 일차적으로 소개되는 것과 달리 저단적, 최대 처리용량 제한 등의 기술적 한계를 내포하고 있어서 재래 시스템과 비교시 생산성 측면에서 상당한 문제가 있다.

자동화 시스템을 도입할 때 고려할 많은 요소들이 있겠으나 터미널 운영업체 측면에서 생산성 향상, 비용절감, 서비스 수준 향상 등을 목표로 할 때 투자비가 상대적으로 낮으며 기존 시스템에 적용 가능한 계획 자동화 및 운영 통제 자동화를 추진하는 것이 바람직하다. 즉, 대규모 투자를 요하면서 현재 기술 수준을 고려할 때 생산성이 낮은 무인 자동화 시스템 보다는 유인 자동화 시스템이 타당하다.

그러나 하역 장비 산업체 및 국가적 측면에서 하역 장비 자동화 기술 축적을 위한 무인자동화 시스템의 기술 개발은 필요하다고 할 수 있다. 따라서 자동화 시스템 도입을 추진할 때 도입목적과 터미널 상황을 고려하고 자동화 부문별 연계성 및 그로 인한 효과성을 검토하여 기술개발 및 자동화 도입 등을 결정해야한다.

참 고 문 헌

- 1) A. Ballis, J. Golias, C. Abakoumkin, 1997, "A comparison between conventional and advanced handling systems for low volume container maritime terminal," Marit. Pol. MGMT., Vol. 24, No. 73 - 92.

- 2) K.C. Nam, 1988, "Determination of Handling Systems at Pusan New Port", Port Technology International 8, ICG Publishing Ltd.
- 3) Takeshi Okumura, 1988, "Container Terminal Automated System Development Scheme, the 4th International Logistics Seminar, Center for Logistics Studies, Korea Maritime University, Pusan, Korea.

