

# 컨테이너터미널에서 야드 이송장비 자동화 적용방안에 관한 연구

차상현\* · † 노창균

\*목포해양대학교 박사, † 목포해양대학교 국제해사수송과학부 교수

## A Study on Application of Yard Transportaion Equipment Automation System in the Container Terminal

Sang-Hyun Cha\* · † Chang-Kyun Noh

\*Graduate school of Mokpo National Matitime University, Mokpo 58628, Rep. of Korea

† Faculty of International Maritime Transportation Science, Mokpo Maritime University, Mokpo 58628, Rep. of Korea

**요 약** : 세계 주요 컨테이너터미널들은 중심항만으로 성장하기 위해 치열한 경쟁 속에서 우위를 선점하기 위해 자동화 시설을 확충하는데 노력하고 있다. 최근 컨테이너터미널에서 자동화 시스템의 완전 통합을 위해 시스템 설계 및 개발이 진행되고 있다. 이는 컨테이너터미널의 야드 작업 효율성을 높이는 데 집중 할 수 있고 다른 컨테이너터미널 운영 프로세스와 통합이 쉬워지기 때문이다. 컨테이너터미널에서 자동화 시스템은 고객에게 더 나은 서비스를 제공하고 수익성을 향상시키는 데 필수적이다. 컨테이너터미널 가동을 보다 효율적으로 운영하고 결과적으로 생산성을 높이려면 Container Handling Equipment(CHE)의 실시간 위치와 상태확인이 요구되고 있다. 본 연구는 컨테이너터미널에 DGPS를 이용하여 컨테이너터미널 자동화 장비의 실시간 위치와 상태를 확인하고 자동화 시스템을 실제 개발, 적용, 운영하는 컨테이너터미널 야드 이송장비 자동화 시스템의 구성요소와 기능을 살펴본 후 실제로 적용하여 기존 야드 이송장비 시스템과 야드 이송장비 자동화 시스템을 비교 분석 및 적용방안에 대해 제시하였다. 또한, 컨테이너터미널의 핵심 장비인 이송장비의 효율적인 운영을 위해서 최적의 야드 이송장비 자동화 시스템을 이용하게 되면 컨테이너터미널의 생산성 및 이송장비의 효율성을 좀 더 높일 수 있다는 것을 알 수 있었다.

**핵심용어** : 컨테이너터미널, CHE, 자동화 시스템, 실시간 위치, DGPS, 이송장비

**Abstract** : International major container terminals are trying to expand automation facilities in order to dominate the competition and grow as central harbors. Recently, system design and development were put underway to fully integrate automation systems in container terminals. This is because it can focus on improving the efficiency of the yard operations in container terminals and facilitates integration with other container terminal operation processes. Automation in the container terminal business today is essential to better serve customers and improve profitability. Real-time position and status of container handling equipment (CHE) have been required for more efficient terminal operations and consequently higher productivity. This study examined the real-time location and status of the container terminal automation equipment using DGPS in container terminals, and reviewed the components and functions of the container terminal automation yard equipment systems that developed, applied, and operated the automation systems. In addition, this study compared the existing yard system and the automation yard system and presented application methods. Also, the results revealed that the productivity of the container terminal and the efficiency of the transportation equipment can be further increased when the optimal yard automation transportation equipment system is used to efficiently operate the transportation equipment, which is the core equipment of the container terminal.

**Key words** : Container Terminal, CHE, Automation System, Real Time Location, DGPS, Transportation Equipment

### 1. 서 론

최근 컨테이너터미널에서 자동화 시스템의 완전 통합을 위해 시스템 설계 및 개발이 진행되고 있다. 이는 컨테이너터미널의 야드 작업 효율성을 높이는 데 집중 할 수 있고 다른 컨테이너터미널 운영 프로세스와 통합이 쉬워진다. 컨테이너터미널에서 자동화 시스템은 고객에게 더 나은 서비스를 제공하고 수익성을 향상시키는 데 필수적이다. 초대형 선박이 컨테

이너터미널에 접안 증가로 야드에서 처리하는 컨테이너 물량의 급증을 초래하여 야적장 운영은 더욱 어려워졌으며 컨테이너 작업처리 생산성 향상이 요구되고 있다. 이런 추세에 발맞추어 많은 컨테이너터미널들이 터미널 운영의 모든 단일 프로세스를 자동화하려는 야심 찬 계획을 준비하고 있다.

컨테이너터미널 운영의 현재 자동화 기술은 완전한 성숙 단계가 아닌 성장 단계에 있다. 이것이 컨테이너터미널에서 새로운 최첨단 기술의 도입을 고려하고 운영 프로세스를 변경

† Corresponding author : 종신회원, cknoh@mmu.ac.kr 061)240-7172

\* 종신회원, baplie@yahoo.co.kr 061)772-7588

하여 수익성을 개선하기 위한 이유 중 하나가 되고 있다.

컨테이너터미널 운영 체제는 계획 수립, 스케줄링 및 자산 통제를 지원하므로 효율적이고 생산적인 컨테이너터미널 운영을 위해 필수적이라고 할 수 있다. 동시에, 컨테이너터미널 운영자는 기존의 수동 계획 및 배정 실행으로 인한 문제를 해결하고 오늘날의 컨테이너터미널 운영 실행을 충족시키기 위해 서비스 약관에 더 많은 기능을 요구하고 있다.

컨테이너터미널 운영자가 문제를 해결하기를 원하는 방식은 Terminal Operating System(TOS) 자체의 프로세스 자동화와 TOS 제공 업체는 기능을 개선하는 데 많은 노력을 기울이고 있으며 수많은 발전이 이루어지고 있다. 기능 중에는 자동 계획, 자동 발송, 자동 채처리 등이 있다. 이 기능 중에 컨테이너터미널 운영자가 갖고 싶어 하는 다른 유형의 프로세스 자동화는 Auto Container Handling 이다. 왜냐하면 Container Handling Equipment(CHE) 및 컨테이너 위치가 종종 신뢰할 수 없거나 또는 정보가 늦은 경우 통제실이나 Vehicle Mounted Terminal(VMT)를 통해 사용자 입력에 의해 수동으로 수집되고 있다. 이것은 TOS가 가지고 있는 자동화 기능의 한가지로 CHE의 보고된 위치와 실제 위치가 다른 위치에 있을 수 있기 때문에 컨테이너터미널 운영자 입장에서는 컨테이너터미널 운영의 여러 가지 문제 중에 하나의 주요 원인이 되고 있다.

컨테이너터미널 운영시스템은 그 자체로 업무를 처리 할 수 없기 때문에 컨테이너터미널 운영자 입장에서는 자동화 CHE 또는 독립적 자동 핸드오프 시스템을 도입하여 핸드오프 프로세스에 작업자의 개입을 최소화하고 있다. 컨테이너터미널 가동을 보다 효율적으로 운영하고 결과적으로 생산성을 높이려면 CHE의 실시간 위치와 상태확인이 요구되고 있다. 이에 Differential Global Positioning System(DGPS)를 이용하여 컨테이너터미널 자동화 장비의 실시간 위치와 상태를 확인이 가능하다. DGPS는 항공 산업을 비롯 도로 차량, 해상 장비, 자산의 주요 추적 및 위치 파악 기술에 사용되고 있다. 컨테이너터미널 지역에서 Transfer Crane(TC), Gantry Crane(GC), Reach Stacker(RS), 야드 트래क्टर 등과 같은 이송장비를 추적하고 상태를 파악하는 주요 방법으로 채택되고 각광 받고 있다. 현재 기존 컨테이너터미널에서는 CCTV를 이용하여 야드 작업 현황 및 이송장비의 작업을 모니터링하고 있다. CCTV는 Container Handling 작업을 모니터링하기 위해서는 거의 실시간으로 야드 작업현황을 모니터링 수행하는 작업의 모니터링 도구였다. 그러나 CCTV로 모니터링하는 것은 시간 소모적 일뿐만 아니라 바쁜 컨테이너터미널에서 대상 객체를 식별하는 것이 거의 불가능하다. 컨테이너터미널 운영자는 CHE 및 컨테이너의 위치 및 작업 상태와 같은 컨테이너 작업을 모니터링하기 위한 적절한 가상 환경을 원하고 있었다.

컨테이너터미널에서 위치 추적 시스템을 사용하지 않고 터미널 운영 체제를 사용하는 대부분의 컨테이너터미널에서는 사용자 작업을 통해 정보가 수동으로 수집되므로 컨테이너 및

CHE 위치가 신뢰성이 낮거나 실시간으로 반영되는 시간이 늦어 이에 문제 해결을 원하고 있다.

본 연구는 국내 광양(A) 수동 컨테이너터미널과 국외 중동(A) 자동 컨테이너터미널을 실제 운영관리하고 있는 곳을 연구대상지로 선정하였다. 국내 광양(A) 컨테이너터미널은 이송장비 자동화 시스템이 미설치되어 있으며 국외 중동(A) 컨테이너터미널은 DGPS를 이용하여 이송장비 자동화 시스템이 설치되어 있는 곳으로 DGPS를 이용하여 이송장비를 실시간 위치와 상태를 확인하고 자동화 시스템을 실제 개발, 적용, 운영하는 곳이다.

수동 컨테이너터미널과 자동화 컨테이너터미널의 이송장비 시스템의 구성요소와 기능을 살펴보고 수동 이송장비 시스템과 자동화 이송장비 시스템에 대해서 비교 분석 및 적용방안을 제시하고 시간당 컨테이너 생산성 및 게이트 턴 시간을 비교 분석하는 것을 목적으로 한다.

연구대상 시설 현황은 Table 1에서 살펴보면 다음과 같다. 본 연구의 연구대상인 이송장비 자동화가 미설치되어 있는 광양컨테이너터미널과 이송장비 자동화가 설치 되어있는 국외 중동(A) 컨테이너터미널은 국내의 항만산업에서 컨테이너 물동량이 지속적인 성장을 보이고 있는 국내외의 대표적인 컨테이너터미널이다.

Table 1 Destination container terminal research facility

Category	the Middle East(A)	Gwangyang Port(A)
Cargo	Exclusive Container Terminal	
Length	11,070(m)	1,150(m)
Depth	18(m)	16(m)
Number	10,000(Teu)X 3	4,000(Teu) X 6
Capacity	20 million Teu	11million 5 thousand Teu

Source : Busan Port Authority, Yeosu GwangYang Port Authority

## 2. 선행연구 고찰

세계 주요 컨테이너터미널들은 중심항만으로 성장하기 위해 치열한 경쟁 속에서 우위를 선점하기 위해 자동화 시설을 확충하는데 노력하고 있다. 또한, 컨테이너 물동량이 꾸준히 증가 추세를 충족시킬 수 없기 때문에 컨테이너터미널의 자동화 시스템 시설 확충은 필연적이다. 컨테이너터미널에서 발생하는 비용이 전체 물동량에 발생하는 비용의 30%를 차지하고 있기 때문에 세계 주요 컨테이너터미널에서는 점차 높아지는 인건비와 부족한 노동력 문제를 해결하고 작업 능률을 극대화하기 위한 컨테이너터미널 시설의 자동화에 노력을 기울이고 있다(Hong and Lee, 2001). 이에 컨테이너터미널 관련된 문헌을 살펴보면 크게 Gate 자동화 도입 방안에 관한 연구, 야드 자동화 도입 방안에 관한 연구, 본선 자동화 도입 방안에 관한 연구 등으로 대별된다.

## 2.1 Gate 자동화

게이트는 컨테이너터미널에서 컨테이너가 반입, 반출이 시작하는 장소로서 컨테이너 정보의 시작점과 종착점이 되는 게이트의 자동화 도입방안에 관한 연구를 살펴보고자 한다.

항만시설 중에서도 화물이 발생되고 소멸되는 장소로서 정보의 시작점과 종착점이 되는 게이트의 자동화가 무엇보다도 중요한 이슈로 대두되고 있다. 이에 항만의 게이트를 최적으로 자동화하는데 적합한 설계 방안을 제시하고자 하였다. 또한, 게이트의 적정 규모를 산정하고, 게이트 운영방식을 비교하여 최적의 게이트 자동화 운영 방식을 제안하였다(Hong and Jung, 2003). 유비쿼터스의 핵심 기술로 대두되고 있는 Radio Frequency Identification(RFID)를 이용한 항만 컨테이너 관리시스템을 개발하는데 목적이 있으며 컨테이너 자동식별을 위해 RFID 기술을 활용한 항만 게이트 자동화기술과 게이트와의 통신 및 컨테이너의 입출고 처리를 위한 웹 프로그램 기술, 그리고 항만 네트워크 플랫폼과 클레인 단말기를 위한 무선 임베디드 라우터 기술을 기반으로 설계 및 구현 하였다. RFID를 이용하여 개발된 게이트 시스템은 향후 지능형 항만을 향한 항만 물류 관리 시스템의 주요소로 활용될 것으로 제안하였다(No and Kim, 2006).

RFID와 OCR(Optical Character Recognition) 기술의 등장으로 자동화 게이트시스템에 대한 관심이 높아지고 있다. RFID와 OCR기술을 동시에 적용해 이들이 가진 장점을 활용한 RFID/OCR 기반의 자동화 게이트시스템을 개발하고, 이를 컨테이너 터미널 게이트에 적용하여 컨테이너 터미널 게이트의 인식업무를 개선시킬 수 있는 효율적인 게이트 운영 시스템을 제시하였다(Choi et al., 2007). 게이트 시스템에 RFID 기술을 적용하여 구현하고, 현장테스트를 통해 기술적 실현가능성과 경제적 타당성을 검증하고자 하였다. 검증방법은 국내 컨테이너터미널 게이트 통과시스템에 대한 현황분석을 통해 문제점과 개선점을 제시하고, RFID 기술을 적용한 게이트 자동화 시스템을 구현하여 현장 테스트를 통해 성능을 평가함으로써 국내 항만의 경쟁력 제고를 위한 수단으로서의 가능성을 제안하였다(Lee et al., 2006).

컨테이너터미널에서 게이트 수동처리 방식의 한계를 극복함과 동시에 지속적으로 운영측면에서 발생하는 비용을 줄이기 위하여 컨테이너터미널의 자동화 시스템을 도입하고 있다. 게이트 데미지 컨테이너 자동화 시스템을 도입하게 되면 영상 저장 시스템에 의한 컨테이너 관리가 가능하다. 컨테이너 손상정보가 시스템에 저장되어 있기 때문에 고객이 데미지 컨테이너 자료를 요청 시 시스템에 저장되어 있는 데미지 컨테이너 영상을 검색하여 증거자료 제출이 가능하고 고객으로부터의 클레임 대비가 가능하다. 또한, 게이트 관리 인력 업무의 통합으로 인력 감소와 게이트 부근 안전사고 위험이 감소함을 제시하였다(Cha and Noh, 2017).

## 2.2 야드 자동화

최근 컨테이너터미널에서 변화하는 해운환경에서 경쟁우위를 점하기 위하여 첨단장비 및 야드 자동화 시스템을 도입하고 있다. 이에, 게이트와 장치장 사이에서의 반출입 작업, 안벽과 장치장 사이에서의 양적하 작업, 장치장내에서의 구내이적 작업, 야드내 첨단장비 효율적 운영 방법 등을 효율적으로 처리하는 야드 자동화 장비 도입 방안에 관한 연구를 살펴보고자 한다.

컨테이너터미널의 야드에서 무인으로 하역작업을 수행하는 자동화 크레인에서 신속하고 효율적으로 작업 대상인 컨테이너화물의 컬러 영상 이미지내의 컨테이너번호를 인식하는 방법에 대하여 제시하였다(Hong, 2010). 물류 장비와 자동화 시스템을 연결시키는 방법은 기존 컨테이너터미널에서는 컨테이너가 이동 할 때 정보 교환을 802.11 무선 규격 망을 구성하여 무지향성, 지향성 안테나를 이용하게 되는데 컨테이너 적재 높이가 높은 경우 사각지역이 발생하며, 주파수 Channel(CH)이 한정되어 있어 타 터미널 혹은 인접 지역에서 주파수 CH을 사용할 경우에 중첩문제가 발생하여 컨테이너터미널 자동화 장비 운영에 막대한 영향을 미치고 있다. 자동화 장비 효율적인 운영을 위해서 L사에서 제공한 Long Term Evolution(LTE)망을 구성하여 컨테이너터미널에서 야드 자동화 장비들이 사각지역과 중첩문제가 발생 하지 않고 끊임없이 데이터를 효율적으로 처리하는 방안을 제시하였다(Cha and Noh, 2016).

최근 물동량이 급격히 증가되어 부두에서 처리하여야 할 컨테이너 양이 많이 증가되어 부두의 운용효율을 증가시키기 위하여 야드 크레인의 정확히 위치 검출이 상당히 중요한 과제가 되었다. 이에, 엔코더 출력펄스와 적외선센서를 사용하여 정확하고 신속하게 크레인의 절대위치를 측정하는 기법을 제시하였다(Chun et al., 2004). 자동화터미널에 적용 가능한 효율적인 Automated Transfer Crane(ATC) 운영로직을 개발하기 위해서 ATC 장비 운영전략을 분석하였다. 그리고 ATC의 효율적인 운영에 있어서 가장 중요한 동적 운영로직을 개발하고, 단순한 할당규칙을 수립하여 시뮬레이션 실험으로 로직검증을 제시하였다. 실험결과 ATC 생산성 저해요인인 간섭을 최소화하는 간섭최소화전략과 능동적인 간섭회피전략이 ATC의 대기시간 및 간섭시간을 감소시키는 것으로 나타났다(Kim and Nam, 2006).

컨테이너터미널에서는 야드 장비의 자동화 및 환적화물의 증가로 인하여 터미널내의 이적작업이 증가하고 있으며 이에 따라 터미널 운영자들은 효율적인 이적작업 계획을 수립하고 있다. 블록 내에서 다수의 자동화 야드 크레인이 운영되고 있는 경우의 이적작업 계획을 다루고 있으며 혼합정수계획법을 이용하여 주어진 여유 시간을 고려하여 작업효율을 최대화하는 각 크레인 별 최적 이적작업 계획을 수립하는 수리모형을 제시하였다(Park, 2017). 수직블록배치형태를 가지는 자동화

컨테이너 터미널을 대상으로 안벽과 야드의 연계작업을 수행하는 이송장비에 대한 시뮬레이션 모델을 수립하였다. 이송장비의 작업생산성을 평가할 수 있는 시뮬레이션 모델을 개발하였으며, 수립된 모델을 통해 가상의 환경에서 다양한 이송장비의 운영에 따른 안벽장비의 생산성을 분석 제시하였다(Ha et al., 2004).

컨테이너터미널의 생산성 향상을 위한 자동화가 국내외에서 활발히 이루어지고 있다. 이에 자동화 수평 장치장을 대상으로 ATC 작업할당 휴리스틱과 Yard Tractor(YT) 배정 휴리스틱을 조합하여 시뮬레이션으로 평가하고 더불어 효율적인 장치전략과 YT 풀링 범위를 알아보고자 하였다. 실험 결과를 통해 연속되는 본선 작업들을 두 기의 ATC가 하나씩 번갈아 가며 수행하도록 컨테이너를 분산 장치하고, ATC의 작업 예상 완료 시각을 고려하여 마감 시각이 가장 빠른 작업을 우선 처리하는 작업할당 휴리스틱과 터미널 전체에서 가장 먼저 올 수 있는 YT에 작업을 배정하는 휴리스틱 조합이 가장 효율적이었다고 제시하였다(Ahn et al., 2006). 컨테이너터미널의 생산성 향상에 영향을 줄 수 있는 요인은 다양하게 존재한다. 그중 야드 이송장비의 경우, 특정 선석크레인에 야드 트랙터가 고정 할당되는 방식에서 다수 선석크레인에 야드 트랙터가 적절하게 분산 할당 방식으로 처리하는 Pooling System으로 전환하게 되면 터미널 생산성과 YT의 가용성을 높일 수 있다. 컨테이너터미널에서 생산성 향상을 위해 이송장비 운영을 더 효율적으로 할 수 있도록 Pooling System 알고리즘을 제시하고 실제로 컨테이너터미널에 적용하여 Non Pooling System과 Pooling System 생산성을 비교 제시하였다(Cha and Noh, 2014).

### 2.3 본선 자동화

컨테이너터미널의 하역생산성은 선사와의 계약에 있어 중요한 부분으로 적용되고 있어 지속적으로 생산성 향상을 위한 방안에 대하여 강구되고 있는 본선 자동화 도입 방안에 관한 연구를 살펴보고자 한다.

컨테이너터미널의 적정 안벽능력을 분석하기 위한 시뮬레이션 모델을 구축하였다. 선박의 터미널 도착 특성, 선박별 양하량 및 적하량, 컨테이너 크레인 생산성 및 투입대수 등을 입력변수로 입력하여 시뮬레이션 결과는 안벽점유율, 선석 점유율, 대기시간 비율, 대기비율, Norm time 초과비율 등을 출력하였다. 이중 컨테이너 터미널의 평가지표로는 Norm time 초과비율, 대기비율 및 안벽점유율을 적용하였다. 컨테이너 터미널을 운영 중인 터미널의 터미널 운영실적 자료를 이용하여 모델의 확인 및 검증은 제시하였다(Kim et al., 2001). 수직 배치형 장치장 블록형태의 자동화 컨테이너터미널을 대상으로 안벽에서 컨테이너의 양적하 작업을 수행하는 안벽크레인에 대한 하역생산성을 평가하였다. 안벽크레인의 순작업 생산성을 산출하기 위해 각 장비에 대한 시뮬레이션 모델을 수립하고 이를 적용한 시뮬레이션 시스템을 개발 제시하였다(Ha

and Choi, 2005).

컨테이너터미널에서 장치장의 작업부하가 고르게 분산되도록 안벽크레인의 작업을 계획함으로써 장치장의 컨테이너 처리능력을 최대도 활용할 수 있는 두 가지 알고리즘을 제안하였다. 첫 번째 제안 방안은 장치장 블록의 작업부하의 엔트로피(Entropy)를 계산하여 이를 최소화하도록 다음에 작업할 배이를 결정하는 휴리스틱 알고리즘이다. 두 번째 방안은 유전 알고리즘을 이용하여 최적의 선박 배이 작업순서를 탐색한다. 유전 알고리즘의 각 염색체의 적합도를 계산하기 위해 장치장의 작업부하 분포를 고려하여 안벽크레인의 작업시간을 계산하는 알고리즘을 고안 제시하였다(Lee et al., 2008). 컨테이너터미널은 게이트 시스템, 장치시스템, 이송시스템, 적양하시스템 등의 하부시스템으로 구성되어 있어서 시스템의 최적화가 요구되며, 운영에 있어서도 장비, 인력, 장치장 등 제한된 자원을 효율적으로 사용하는 것이 터미널 경쟁력 강화 측면에서 중요하다. 컨테이너터미널 설계에 사용될 수 있는 시뮬레이션 모형을 제시하였다(Nam et al., 1999)

컨테이너 터미널은 대형화된 선박의 많은 물량에 대해서 양적하 작업을 빠른 시간 내에 처리함으로써 선박의 정박시간을 최소화하고자 한다. 야드 크레인과 야드 트럭을 함께 고려하여 장비에 작업을 할당하며, 할당된 작업들을 장비들 간의 교착상태가 되지 않도록 작업계획을 수립함으로써 선박의 양적하 작업을 빠른 시간 내에 완료할 수 있도록 한다. 모든 할당과 작업 계획을 고려하는 최적화 방법론과 이를 보완하기 위해 휴리스틱 알고리즘을 제안하고, 최적화 방법론과 제안된 휴리스틱 알고리즘의 성능을 비교하고자 하였다(Lee and Ha, 2008). 컨테이너터미널의 주요 생산성 지표 중에 하나는 안벽에서의 작업 생산성이다. 안벽 크레인의 작업 일정은 안벽 작업 생산성에 많은 영향을 준다. 안벽 작업 생산성을 높이기 더블 사이클이나 듀얼 사이클은 새로운 장비를 도입하지 않고 운영상의 변화만으로 안벽 생산성을 높일 수 있는 방법으로서 많은 연구가 이루어지고 있다. 야드 트랙터를 고려할 듀얼 사이클 운영을 위한 크레인 일정계획에 대해 해법을 제시하였다(Jung and Shin, 2009).

선행연구의 컨테이너터미널에 적합한 게이트 자동화 도입 방안에 관한 연구, 야드 자동화 도입 방안에 관한 연구, 본선 자동화 도입 방안에 대하여 제시하고 한계점을 각각 제시하였다.

본 논문에서는 실제 컨테이너터미널에서 해당 연구에 대한 DGPS를 이용하여 컨테이너터미널 자동화 야드장비 시스템의 구성요소와 기능을 살펴본 후 실제로 적용하여 기존 야드 시스템과 컨테이너터미널 자동화 야드장비 시스템의 비교 분석 및 적용방안을 제시하고자 한다.

## 3. 야드 이송장비 자동화 시스템 적용방안

### 3.1 기존 야드 이송장비 시스템

실제 야드 이송장비 자동화 장비가 미설치되어 있는 광양 컨테이너터미널의 업무 프로세스, 야드 이송장비 하드웨어 및 야드 이송장비 운영 시스템을 살펴보고자 한다.

### 3.1.1 업무 프로세스

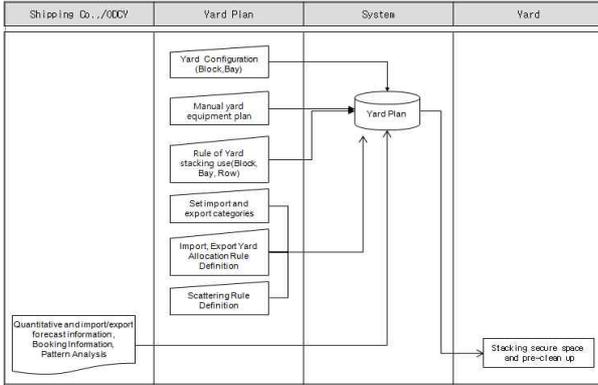


Fig. 1 Yard operation planning process  
Source : C Company Internal Data

야드 환경, 야드 장비 담당자와 업무협의 후 수동으로 야드 운영 가능 장비 확인 및 야드 장치장 운영 규칙 등을 확인하고 야드계획을 세운다. 그리고 양적하 및 반출입 예측 정보를 이용하여 야드계획 수립 후 야드 장치장 공간 확보 및 사전 정리 작업을 계획한다. 자세한 야드 운영 계획 프로세스는 Fig. 1과 같다.

### 3.1.2 기존 야드 이송장비 하드웨어 구성

기존 컨테이너터미널에서 사용되고 있는 이송장비(TC, RS)의 야드 이송장비 구성은 Fig. 2와 같다.



Fig. 2 TC/RS Yard automation equipment configuration  
Source : C Company Internal Data

Fig. 2는 야드에서 이동하는 야드 이송장비의 움직임을 파악하기 위해서는 야드 이송장비에 설치되어 있는 하드웨어 구성으로 야드 단말기에서 컨테이너 작업 처리 완료가 되는 시점에 야드 자동화 이송장비 위치를 파악 할 수 있다.

### 3.1.3 기존 야드 이송장비 운영 시스템

기존 야드 이송장비 운영 시스템에서 컨테이너 이송장비(TC, RS)의 상태 정보를 사용자가 야드 단말기에서 컨테이너 작업 처리 완료가 되는 시점에 야드 이송장비 위치 파악이 가능하고 YT 위치는 파악이 불가능하다. 컨테이너터미널의 야

드 이송장비 운영 현황을 Monitoring 할 수 있는 시스템은 Fig. 3과 같다.

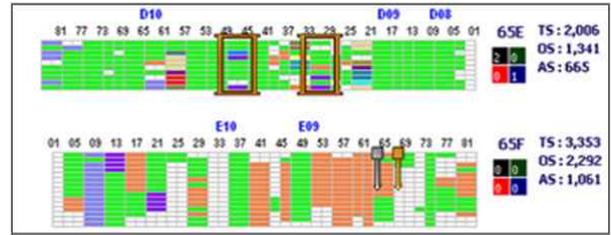


Fig. 3 Yard operation system  
Source : C Company Internal Data

### 3.2 야드 이송장비 자동화 시스템

실제 야드 이송장비 자동화 시스템이 설치되어 있는 국의 중동(A) 컨테이너터미널의 업무 프로세스, 야드 이송장비 자동화 하드웨어 및 야드 이송장비 자동화 운영 시스템을 살펴보고자 한다.

#### 3.2.1 업무 프로세스

야드 환경, 컨테이너 이송장비 운영 상태를 시스템으로 확인 후 이송장비 환경 설정 및 야드 장치장 사용 규칙 등을 이용하여 야드계획을 세운다, 그리고 양적하 및 반출입 예측 정보, 반출입 패턴을 이용하여 야드계획 후 야드 장치장 공간 확보 및 사전 정리 작업을 계획한다. 자세한 야드 운영 계획 프로세스는 Fig. 4와 같다.

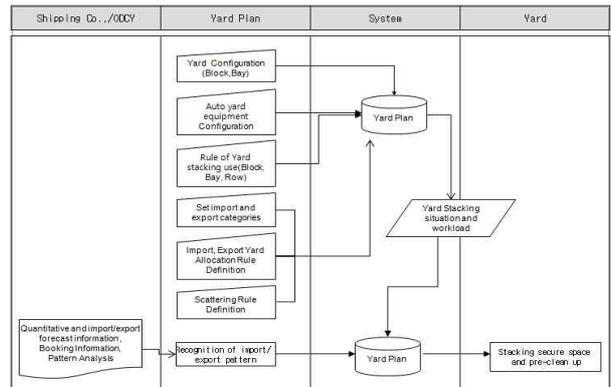


Fig. 4 Yard operation planning process  
Source : C Company Internal Data

#### 3.2.2 야드 이송장비 자동화 하드웨어 구성

실제 중동(A) 컨테이너터미널에 DGPS를 적용하여 컨테이너 터미널 자동화 장비를 실시간 위치와 상태에 대해 파악 할 수 있는 야드 이송장비 자동화 하드웨어 구성은 Fig. 5와 같다.



Fig. 5 Yard automation equipment configuration  
Source : C Company Internal Data

### 3.2.3 야드 이송장비 자동화 운영 시스템

야드 이송장비 자동화 운영 시스템에서 DGPS를 이용하여 컨테이너 이송장비(TC, RS, YT)의 상태 정보를 사용자가 실시간으로 파악 할 수 있다. 컨테이너터미널의 야드 자동화 운영 시스템 현황을 3D/2D로 Monitoring 할 수 있는 시스템은 Fig. 6과 같다.



Fig. 6 3D/2D Yard operation system  
Source : C Company Internal Data

## 3.3 적용방안

### 3.3.1 DGPS 개념

DGPS은 기준국으로 부터 보정데이터를 받아 위치정보 보정이 가능하며 근거리(약 10Km)의 허용 범위 안에서 서비스를 제공하고 보정을 위한 기준국을 세워야 하는 제한을 가지고 있다. 정밀도는 70Cm 내외이며, 특성은 구축비용이 저렴하고 시스템 확장성 및 향상된 정확성과 다양한 형태의 제품군을 가지고 있다. 주요 활용지는 해운(항만, 선박항해), 스포츠(골프장, 여행자 정보 시스템)등에서 활용이 가능하다.

### 3.3.2 DGPS 제품 스펙

야드 이송장비 자동화 위치 정보를 산출하기 위하여 사용되는 DGPS 장비로써 터미널내의 야드 이송장비 자동화 장비 위치 정보를 전달하는 기능을 가진 장비로 실제 중동(A) 컨테이너터미널에 적용하여 사용하고 있는 DGPS 제품 스펙은 Fig. 7과 같다.

Product: BANDI-200	Specification
	<b>GPS</b> 50-channel, GPS L1 C/A Code, WAAS, EGNOS, MSAS Update rate: 1 Hz Accuracy: 0.5~1.2m CEP Acquisition: Cold start: 26 s, Hot start: 1 s Sensitivity: Tracking -162 dBm, Cold start -148 dBm, Hot start -157 dBm Acceleration: 2g/4g/8g shock detectable Sensor
	<b>Electricity</b> Power: 8V ~ 30 V consumption: 250 mW Support antenna: Active and passive type Antenna: Integrated short circuit detection and antenna shut down management
	<b>Dimension</b> 106mm x 44mm x 92mm 600g (Standard CyberLogitec Device Case)
	<b>Environment, Qualification, Reliability</b> Work temp. -40° C ~ +85° C Storage temp. -40° C ~ +85° C IP 65 authentication RoHS compliance with regulations(ISO 16750 Standard)

Fig. 7 DGPS Specification  
Source : C Company Internal Data

### 3.3.3 야드 장비별 구성

컨테이너터미널에서 야드 이송장비 자동화 시스템의 DGPS 구성 방법은 Fig. 8과 같다.

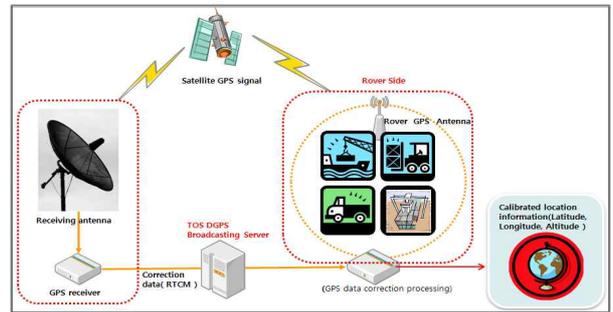


Fig. 8 DGPS system configuration diagram  
Source : C Company Internal Data

기준국에서 정밀 측정을 통한 정확한 위치를 기준으로 DGPS 대기 오차를 계산하여 야드 자동화 장비에게 메시지로 변환하여 보내면, 무선랜 네트워크를 통하여 야드 자동화 장비에 설치된 DGPS 장비로 전달하고, 전달받은 야드 자동화 장비의 데이터와 자신의 위치를 연산하여 오차 보정하여 위치를 제공하는 방법이다.

실제 컨테이너터미널에서 적용하여 사용되고 있는 이송장비의 야드 이송장비 자동화 장비 구성은 Fig. 9와 같다.

Fig. 9는 야드에서 이동하는 야드 이송장비 자동화 장비의 움직임을 파악하기 위해서는 야드 이송장비에 설치되어 있는 하드웨어 구성으로 야드 단말기에 설치되어 있는 DGPS를 통해서 야드 자동화 이송장비 위치를 실시간으로 파악 할 수 있다.

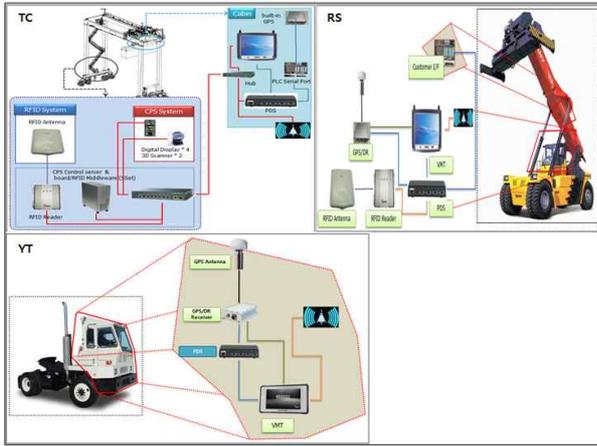


Fig. 9 Yard automation equipment configuration  
Source : C Company Internal Data

이송장비 자동화 시스템의 DGPS 시스템 구성도는 Fig. 10와 같다. 이송장비에서 제공되는 F/B signal을 이용한 관성화법 기능을 사용하여 DGPS 정확한 이송장비 위치를 알 수가 있다. DGPS에서 제공되는 위치정보와 이송장비에서 제공되는 센서정보를 통해 PDS 장비로 수집되고 이후 VMT Client에 전송된다. VMT Client는 터미널의 정보와 이송장비의 정보를 무선 네트워크를 통하여 Server로 보낸다.

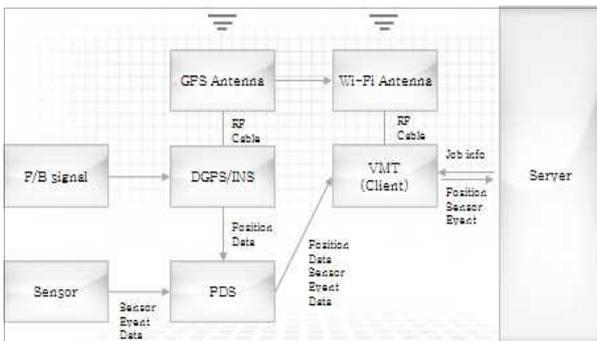


Fig. 10 DGPS System configuration  
Source : C Company Internal Data

### 3.3.4 DGPS 테스트 결과

실제 컨테이너터미널에서 DGPS 테스트 결과를 살펴보면 측정 방법은 IEC 61108-1 표준 측정 절차를 사용하였다.

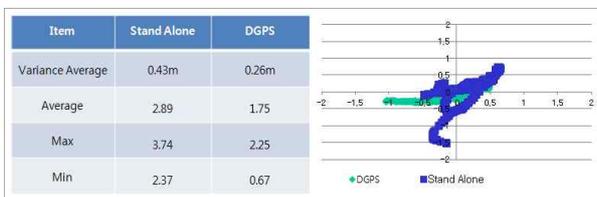


Fig. 11 DGPS Test result(Open Yard)  
Source : C Company Internal Data

개활지 야드 지역에서 Stand-alone 및 보정 데이터 측정 결과 분산 오차는 0.3m 이내였다. 자세한 정밀도 및 적합성

테스트 결과는 Fig. 11과 같다.

Container 밀집 지역인 Yard Block 에서 Stand alone 및 보정 데이터 측정 결과 분산 오차는 2m 이내였다. 자세한 정밀도 및 적합성 테스트 결과는 Fig. 12와 같다.



Fig. 12 DGPS Test result(Container packed Yard)  
Source : C Company Internal Data

## 4. 결론 및 향후과제

본 연구는 실제 국내 광양(A)과 국외 중동(A) 컨테이너터미널을 운영하면서 얻은 결과 내용을 바탕으로 자료를 산출하였다. 국외 중동(A) 컨테이너터미널에 DGPS를 이용하여 컨테이너터미널 야드 이송장비를 실시간 위치와 상태를 확인하는 야드 이송장비 자동화 시스템을 실제 개발, 적용, 운영하는 곳으로 선정하였다. 또한, 컨테이너터미널 이송장비 자동화 시스템의 구성요소와 기능을 살펴보고 실제로 운영되는 기존 야드 이송장비 시스템과 야드 이송장비 자동화 시스템을 비교 분석하였다.

위치 추적 시스템을 사용하지 않고 기존 터미널 운영 체제를 사용하는 대부분의 컨테이너터미널에서는 사용자가 야드 터치 단말기로 컨테이너 작업 완료 시점을 통해 정보가 수동으로 수집되므로 야드 자동화 이송장비 위치가 실시간으로 정보전달 되지 않아서 신뢰성이 떨어 질수 있다. 또한, 정보전달이 늦어 야드 자동화 이송장비 운전자가 잘못된 작업위치에서 기다리고 있거나 야드 자동화 이송장비 운전자가 컨테이너 완료를 보고하지 않고 다른 작업을 시작하는 경우와 보고된 컨테이너의 위치가 실제 위치와 다른 경우에 발생 할 수 있다. 이와 같이 주요 문제의 원인으로 실수가 쉽게 감지되지 않아 컨테이너터미널의 운영 효율성이 떨어질 수 있다. 컨테이너터미널에서 안전도가 가장 중요한 고려 사항 중 하나이다. 이송장비 간에 충돌 및 YT가 야드 이송장비(TC, RS) 밑에 작업 대기 중 접촉 사고가 발생 할 수가 있다. 이는 야드 이송장비가 이동 중에 사용자가 야드 터치 단말기를 조작하는 것이 안전에 문제가 되어 발생 할 수 있다.



Fig. 13 Container terminal yard operation system  
Source : C Company Internal Data

야드 이송장비 자동화 시스템을 컨테이너터미널에 적용하게 되면 위의 문제는 쉽게 해결 될 수가 있다. 기존 야드 이송장비 시스템과 야드 이송장비 자동화 시스템을 비교하는 화면으로 Fig. 13과 같다. Fig. 13을 살펴보면 좌측은 컨테이너터미널 내에 야드 운영 상황을 CCTV를 이용하여 사용자가 주기적으로 작업 상황을 살펴야 한다.

그러나 우측은 야드 자동화 시스템을 도입하게 되면 야드 모니터링 시스템을 통해서 실시간으로 야드 운영 상황을 쉽게 모니터링 할 수가 있다.

Fig. 14를 살펴보면 좌측은 컨테이너터미널 내에 야드 이송장비 운영 상황을 보고자 할 때 야드 이송장비 중 YT를 지정하여 보고자 할 때 YT 운영 상황을 모니터링 할 수가 있다. 좌측은 YT 운영 상황을 CCTV를 이용하여 사용자가 주기적으로 작업 상황을 살펴야 한다. 그러나 우측은 야드 자동화 시스템을 도입하게 되면 야드에서의 이동하는 YT의 움직임을 DGPS 위치정보를 통하여 정확히 파악할 수 있으며, 기본적으로 YT의 위치를 야드 모니터링 시스템을 통해서 실시간으로 YT 운영 상황을 쉽게 모니터링 할 수 있을 뿐 아니라 TOS 시스템에서 적시에 작업을 관리할 수 있도록 해주게 된다. 블록의 진입 및 TC의 작업 위치에 도착정보를 확인하여 TOS에 전달하게 되며, 필요한 경우 작업을 Swap이 가능하도록 하여 터미널내의 야드 운영을 최적화 할 수 있다.



Fig. 14 Yt Automation system configuration  
Source : C Company Internal Data

컨테이너터미널의 작업 처리 성능은 일반적으로 시간당 컨테이너 생산성 및 게이트 트럭 턴 시간으로 평가되고 있다. 시간당 컨테이너 생산성은 모선이 입항하여 출항할 때까지 컨테이너를 처리하는 작업물량으로 총 선석 생산성, 총 생산성, 순 생산성으로 구분하여 생산성을 평가한다. 이는 야드 이송장비가 적하경우 수출 할 컨테이너를 야드에서 이송장비가 모선까지 가져다주어야 하고, 양하경우 수입대상 컨테이너를 모선에서 이송장비가 컨테이너터미널의 야드에 장치하는 작업이다. 게이트 트럭 턴 시간은 컨테이너를 실은 차량이 게이트를 통과해서 야드 블록 지정위치에 컨테이너 상차 및 하차까지 작업 완료시간을 의미한다.

Fig. 15는 2017년 10월부터 12월까지 주간 단위 실제 국내 외 컨테이너터미널의 시간당 컨테이너 생산성 및 게이트 턴 시간을 비교 분석 내용이다.

이를 자세히 살펴보면 야드 이송장비 자동화 도입하지 않은 컨테이너터미널에 비해서 야드 이송장비 자동화 시스템을

도입하여 작업을 처리하게 되면 총 선석 생산성 평균 약 55개 이상, 총 생산성 약 6개 이상, 순 생산성 약 2개 이상, 게이트 트럭 턴 시간 약 4분 이상 각각 좋아 졌다는 걸 알 수가 있었다.

Category(2017)			1th Week	2th Week	3th Week	4th Week	Avg
GBP	Oct	the Middle East (A)	109	96	94	121	104.9
		Gwangyang Port (A)	55.7	55.7	52.8	51.5	53.9
	Nov	the Middle East (A)	104	89	111	109	103.2
		Gwangyang Port (A)	42	49	49	40	44.8
	Dec	the Middle East (A)	107	92	102	95	98.9
		Gwangyang Port (A)	42	44	42	47	43.8
GP/NP	Oct	the Middle East (A)	35.8/38.1	32.8/33.8	33.8/35.5	34.1/37	34.1/36.1
		Gwangyang Port (A)	26.7/32.9	25.5/31.5	25.8/31.5	27.4/34.1	26.4/32.5
	Nov	the Middle East (A)	35.8/37	30.6/31.1	34.2/35.3	33.9/38.2	33.6/35.4
		Gwangyang Port (A)	26.6/32.9	28.8/34.8	29.7/36.2	25.3/31.6	27.6/33.9
	Dec	the Middle East (A)	34/34.4	32.4/33	36.7/37.2	33.3/38.5	34.1/35.8
		Gwangyang Port (A)	24.8/31.5	25.3/31.5	27.1/34.3	28.3/34.9	26.4/33.1
Truck Turn Time	Oct	the Middle East (A)	10.78	7.66	9.17	10.03	9.4
		Gwangyang Port (A)	18.47	11.26	15.32	17.34	15.6
	Nov	the Middle East (A)	9.28	10.01	6.7	10.13	9
		Gwangyang Port (A)	15.81	13.85	10.41	13.45	13.4
	Dec	the Middle East (A)	9.48	9.2	8.24	10.76	9.4
		Gwangyang Port (A)	11.09	17.28	12.22	22.84	15.9

Fig. 15 Performance comparison of container terminal

컨테이너터미널의 야드내 컨테이너를 핸들링 하는 이송장비(TC, RS, YT)의 정확한 위치를 파악함으로써 가장 적합한 위치의 장비에 야드 블록을 할당하여 터미널 운영을 최적화 할 수 있는 시스템이며 현재 운영되고 있는 이송장비들의 위치를 실시간 모니터링이 가능하여 컨테이너 핸들링 이송장비에 대한 운영의 효율성을 높일 수 있다.

본 연구에서는 컨테이너터미널의 핵심 장비인 이송장비의 효율적인 운영을 위해서 최적의 자동화 이송장비 시스템을 이용하게 되면 야드 운영 상황을 CCTV를 이용하여 사용자가 주기적으로 작업 상황을 보지 않고 야드 모니터링 시스템을 통해서 실시간으로 야드 이송장비의 야드 운영 상황을 쉽게 모니터링 할 수 있을 뿐 아니라 TOS 시스템에서 적시에 작업 관리가 가능하여 블록의 진입 및 이송장비의 작업 위치에 도착정보를 확인하여 TOS에 전달하게 되며, 필요한 경우 작업을 Swap이 가능하도록 하여 터미널내의 야드 운영을 최적화 할 수 있다. 컨테이너터미널의 생산성 및 이송장비의 효율성을 좀 더 높일 수 있다는 걸 알 수가 있었다.

향후 연구대상으로는 본선 이송장비(GC)에서 컨테이너의 양하, 적하 시 Optical Character Reader(OCR) 카메라가 컨테이너 번호를 자동으로 촬영하고 인식하여 컨트롤 센터에 인식된 결과 값을 전송하는 시스템으로 24시간 운영가능으로 인한 인건비 절감 및 업무 효율성 증대에 큰 효과를 줄 것으로 기대된다.

본 연구는 이송장비 Terminal Operating System(TOS) 적용 알고리즘 세밀한 설명이 부족했으며, 수동 컨테이너터미널을 대상으로 DGPS를 설치하여 설치 전 이송장비 시스템과 설치 후 이송장비 자동화 시스템의 비교 분석을 위한 자료 수집 제약으로 정밀하지 못한 연구의 한계를 갖고 있다.

## References

- [1] Cha, S. H. and Noh, C. K.(2014), "A Study on the Application of Transfer Equipment Pooling Systems for Enhancing Productivity at Container Terminals", Korean Institute of Navigation and Port Research, Vol. 28, No. 4, pp. 399-407.
- [2] Cha, S. H. and Noh, C. K.(2016), "(A)Study on Application Plan LTE Wireless Network in the Container Terminal Yard", Korean Institute of Navigation and Port Research, Vol. 40, No. 1, pp. 43-50.
- [3] Cha, S. H. and Noh, C. K.(2017), "A Case Study of Automation Management System of Damaged Container in the Port Gate", Korean Institute of Navigation and Port Research, Vol. 41, No. 3, pp. 119-126.
- [4] Choi, H. R., Park, B. J., Shin, J. J. and Lee, J. H.(2007), "Development of the automated gate system based on RFID/OCR in a container terminal", Journal of the Korea Industrial Information Systems Research, Vol. 12, No. 2, pp. 37-47.
- [5] Chun, T. W., You, W. J., Lee, H. H., Kim, H. K. and Rho, U. C.(2004), "Method for Measuring Absolute Position of a Yard Crane for Port Automation", Korean Institute of Power Electronics, Vol. 9, No. 2, pp. 163-170.
- [6] Ha, T. Y., Choi, Y. S. and Kim, W. S.(2004), "Simulation-based Evaluation of AGV Operation at Automated Container Terminal", Korean Institute of Navigation and Port Research, Vol. 28, No. 10, pp. 891-897.
- [7] Ha, T. Y. and Choi, Y. S.(2005), "A Comparative Study on Productivity of High Performance Quay Crane in Container Terminal", Korean Institute of Navigation and Port Research, Vol. 29, No. 6, pp. 547-553.
- [8] Hong, D. H. and L, S. M.(2001), "A Study on optimized design for automated operation of gate complex in port", Korean Society of Computer and Information, Vol. 18, No. 2, pp. 58-64.
- [9] Hong, D. H. and Jung, T. C.(2003), "Optimized design for gate complex and operation method of automated port", Korea Information Processing Society, Vol. 10, No. 5, pp. 513-518.
- [10] Hong, D. H.(2010), "Implementation of Efficient Container Number Recognition System at Automatic Transfer Crane in Container Terminal Yard", Korean Society of Computer and Information, Vol. 15, No. 9, pp. 57-65.
- [11] Kim, W. S. and Nam, K. C.(2006), "A Development on the ATC Operation Strategy of the Automated Container Terminal", Korean Institute of Navigation and Port Research, Vol. 30, No. 3, pp. 235-240.
- [12] Lee, S. Y., Seo, C. K., Park, N. K. and Song, B. D.(2006), "A Study on the Development of RFID based Automatic Gate Systems in Container Terminals", The Korea Association of Information Systems, Vol. 15, No. 3, pp. 187-211.
- [13] Lee, S. H., Choi, Y., Park, T. J., Kim, G. H. and Ryu, G. Y.(2008), "Quay Crane Scheduling Considering the Workload of Yard Blocks in an Automated Container Terminal", Korea Intelligent Information System Society, Vol. 14, No. 4, pp. 103-116.
- [14] No, C. W. and Kim, K. M.(2006), "Design and Implementation of Port Container Management System Using RFID", The Korean Contents Association, Vol. 6, No. 2, pp. 1-8.
- [15] Park, Y. M.(2017), "Remarshalling Planning for Multiple Automated Yard Cranes Considering Slack Time", Korean Institute of Navigation and Port Research, Vol. 41, No. 3, pp. 149-154.
- [16] Ahn, E. Y., Kang, B. H., Kang, J. H., Ryu, G. R. and Kim, G. H.(2006), "Evaluation of heuristics for efficient operation of automated leveling platform", Korea Intelligent Information System Society(2006), Vol. 1, No. 1, pp. 279-287.
- [17] Kim, C. G., Yang, C. H., Yoon, D. H., Choi, J. H. and Bae, J. W.(2001), "A study on the Quay Capacity at the Container Terminal Using Simulation Model", The Korea Society for Simulation, pp. 43-48.
- [18] Jung, C. Y. and Shin, J. Y.(2009), "Quay Crane Dual-cycle Plan considering Yard Tractor waiting time", Korean Institute of Navigation and Port Research, pp. 220-221.
- [19] Lee, C. H. and Ha, B. H.(2008), "Integrated scheduling of yard cranes and yard trucks at container terminals", The Korean Operations Research and Management Science Society, pp. 531-538.

---

Received 7 March 2018

Revised 7 June 2018

Accepted 18 June 2018

