

# 컨테이너터미널에서 생산성 향상을 위한 이송장비 풀링시스템 적용방안에 관한 연구

차상현\* · † 노창균

\* 목포해양대학교 해상운송시스템학과 대학원, † 목포해양대학교 국제해사수송과학부 교수

## A Study on the Application of Transfer Equipment Pooling Systems for Enhancing Productivity at Container Terminals

Sang-Hyun Cha\* · † Chang-Kyun Noh

\*Department of Marine Transportation System Graduate school of Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

† Faculty of International Maritime Transportation Science, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

**요 약** : 컨테이너터미널의 증가로 터미널 물량이 분산되어 기존 물동량 보존과 새로운 물동량 유치 경쟁이 치열해지고 있으며 이에 터미널 물동량 처리 능력과 유치에 다양한 방법을 모색하고 있다. 컨테이너터미널은 물동량처리 능력을 향상시키기 위해서 최신 장비 확충과 최신 터미널 시스템 개발을 통해 터미널의 생산성 향상과 효율성 극대화에 노력을 기울이고 있다. 컨테이너터미널의 생산성 향상에 영향을 줄 수 있는 요인은 다양하게 존재 한다. 그중 야드 이송장비의 경우, 특정 선식크레인(GC, Gantry Crane)에 야드 트랙터(YT, Yard Tractor)가 고정 할당되는 방식에서 다수 선식크레인(GC, Gantry Crane)에 야드 트랙터(YT, Yard Tractor)가 적절하게 분산 할당 방식으로 처리하는 Pooling System으로 전환하게 되면 터미널 생산성과 YT의 가용성을 높일 수 있다. 컨테이너터미널에서 생산성 지표가 되는 KPI는 GC 생산성이고 GC 생산성은 물리적인 GC 작업 속도를 넘어설 수 없기에 Pooling System 적용하여 생산성을 높이는데 의미와 효과는 크다. 본 논문에서는 컨테이너터미널에서 생산성 향상을 위해 이송장비 운영을 더 효율적으로 할 수 있도록 Pooling System 알고리즘을 제시하고 실제로 컨테이너터미널에 적용하여 Non Pooling System과 Pooling System 생산성을 비교하였다. 이송장비 풀링시스템을 도입하여 타 터미널에 비해 생산성을 향상함으로써 터미널 비즈니스에 있어 지속적인 서비스 질과 수익성 향상을 위한 필수불가결한 요소가 될 수가 있다.

**핵심용어** : 컨테이너터미널, 생산성, 야드 트랙터, 풀링시스템

**Abstract** : Due to the increase of container terminals, as the volume of terminals become distributed, the competition of preserving existing volume and inviting new volume are becoming fierce, and various ways for processing terminal volume and inviting volume are being sought. Container terminal efforts to maximize efficiency in order to improve the volume handling capability and productivity by both expansion of the latest equipment and development of the latest terminal system. There are a variety of factors that influence the improvement of productivity at container terminals. Among them, in the case of yard transfer equipment, if it were to convert from the method of a Yard Tractor(YT) being fixed allocated to a certain Gantry Cranes(GC) to a Pooling System that processes in a method that properly distributes and allocates a Yard Tractor(YT) to multiple Gantry Cranes(GC), the terminal productivity and the fusibility of YT may be increased. The KPI which is an indicator for the productivity at container terminals is GC productivity and since GC productivity cannot exceed the speed of physical GC operations, a Pooling System is applied to increase productivity which its meaning and effect is massive. Here in the Report, we produce the Pooling Algorithm system to improve the efficiency of the transported equipments in container terminal which is actually applying for this method and have compared Non pooling system with Pooling system in the fields. By introducing a transfer equipment pooling system and enhancing the productivity compared to other terminals, it may become an essential factor for increasing the continuous service quality and profitability in terms of terminal business.

**Key words** : Container Terminal, Productivity, Yard Tractor, Pooling System

### 1. 서론

컨테이너터미널의 증가로 터미널 물량이 분산되어 기존 물동량 보존과 새로운 물동량 유치 경쟁이 치열해지고 있으며 이에

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

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

(주) 이 논문은 “터미널운영 효율성 향상을 위한 적용사례 연구”란 제목으로 “2012 추계학술대회 한국항해항만학회논문집(한국해양과학기술원 선박해양플랜트 연구소, 2012.10.25-27, pp.94-96)”에 발표되었음.

터미널의 물동량 처리 능력과 물동량 유치를 위한 다양한 방법을 모색하고 있다. 컨테이너터미널의 생산성을 향상시키기 위해서 최신 장비 확충과 최신 터미널 시스템 개발을 통해 터미널의 생산성 향상과 효율성 극대화에 노력을 기울이고 있다.

컨테이너터미널의 최신 장비 확충은 장치장과 안벽에서 이용되는 장비이며, 장치장은 수출·입 컨테이너의 통관 등의 이유로 컨테이너를 양하 후 직접 터미널 밖으로 이송하기 직전 보관하거나 선적 컨테이너를 선박에 싣기 직전에 장치장에 보관하는 장소로 여러 개의 블록으로 구분되고 하나의 블록이 여러 개의 베이, 열, 단으로 구성되어 있으며 여러 개의 컨테이너를 장치할 수 있다.

안벽은 선박이 접안하는 곳으로 안벽 크레인(GC, Gantry Crane)이 수입 컨테이너를 선박에서 내리는 양하 작업을 수행하고 수출 컨테이너를 선박으로 싣는 적하 작업을 수행한다. 장비는 장치장에서 컨테이너 상·하차를 담당하는 야드장비와 안벽에서 컨테이너 양·적하를 담당하는 하역장비로 구분하고, 장치장에서 안벽 또는 안벽에서 장치장까지 컨테이너 이송을 담당하는 야드 트럭과 무인운반차가 있다.

최신 터미널 시스템 개발은 장치장에서 안벽 또는 안벽에서 장치장까지 컨테이너 이송을 담당하는 이송장비를 효율적으로 운영할 수 있는 풀링시스템 개발을 말한다. 컨테이너터미널에서 이송장비 풀링시스템의 운영 효과는 컨테이너터미널의 가장 중요한 목표인 선박에 대한 접안 대기 시간을 최소화하여 다음 기항지에 접안 시간 내에 접안할 수 있도록 GC의 작업 효율성을 극대화하는데 있다. GC 생산성은 컨테이너터미널에서 양·적하 작업에 야드 장비인 야드 크레인과 이송장비가 어떻게 효율적으로 운영이 되느냐에 따라 크게 달라진다.

문헌에서는 컨테이너터미널의 생산성 향상에 영향을 주는 시스템에 YT 풀링시스템을 하나의 파트로 포함하여 시뮬레이션을 통해 검증하였고 생산성 향상에 효율적임을 증명하였다(Choi, Y. S., Kim, U. S. and Ha, T. Y., 2006).

컨테이너터미널에서 이송장비를 이용한 GC생산성을 극대화하기 위해서는 GC가 대기하는 일이 없도록 이송장비의 운반작업이 원활히 이루어져야 된다. 컨테이너터미널의 생산성의 KPI는 GC 생산성이고 GC 생산성은 물리적인 GC 작업 속도를 넘어설 수 없기에 Pooling System 적용 의미와 효과는 크다.

본 연구는 현재 부산신항, 광양항, 인천항에 위치하고 있는 컨테이너터미널에 풀링시스템을 실제 개발, 적용, 운영하는 곳으로 연구대상지를 선정하였다. 수동 컨테이너 터미널의 Non Pooling System과 자동 컨테이너 터미널에서 Pooling System의 YT 할당 Algorithm을 제시하고 실제로 적용하여 컨테이너터미널 생산성 향상의 차이를 비교 분석하는 것을 목적으로 한다.

연구대상 시설 현황은 Table 1에서 살펴보면 다음과 같다. 본 연구의 연구대상인 부산신항, 광양항, 인천항의 컨테이너터미널은 국내 항만산업에서 컨테이너 물동량이 지속적인 성장을 보이고 있는 국내 대표적인 컨테이너터미널이다.

Table 1 Destination container terminal research facility

Category	Busan New Port (A)	Busan New Port (B)	Gwangyang Port(A)	Incheon Port(A)
Cargo	Exclusive Container Terminal			
Length	2,000(m)	1,100(m)	1,150(m)	600(m)
Depth	16~17(m)	18(m)	16(m)	14(m)
Number	18,000(Teu) X 6	12,000 (Teu)X 3	4,000 (Teu) X 6	2,000 (Teu)X 6
Capacity	400 million Teu	200 million Teu	111 million Teu	80 million Teu

Source : Busan Port Authority, Yeosu GwangYang Port Authority, Incheon Port Authority

## 2. 선행연구 고찰

컨테이너터미널에 관련된 문헌은 크게 컨테이너터미널에 적합한 운영시스템 도입 방안에 관한 연구, 장치장 작업 스케줄링 도입 방안에 관한 연구, 안벽 작업 관한 연구, 이송장비 풀링시스템 도입 방안에 관한 연구 등으로 대별된다.

먼저 컨테이너터미널에 적합한 운영 시스템 도입 방안에 관한 주요 연구는 생산성 향상 평가모형을 이용하여 운영시스템 기술 도입에 따른 대안별 기대 생산성을 산출하고 새로운 운영시스템의 도입하여 기대 생산성을 분석하고 유용하게 사용 가능 방법을 제시하였다(Choi, Y. S. and Ha, T. Y., 2005). 자동화터미널의 적합한 운영 시스템 설계방안 및 자동화 장비에서 운영시스템 기본 모델을 설계하여 최적화 운영시스템 모델을 제시하였다(Hong, D. H., 2002).

장치장 운영 계획 도입 방안에 관한 주요 연구는 컨테이너터미널의 야드 적재 능력계획을 위한 의사결정지원 시스템 구조를 제시하였다(Van Hee, K. M. and Wjibrands, R. J., 1988). 컨테이너터미널에서 컨테이너 취급과 장치장 장치 전략을 기술하고 장치장의 장치 공간과 취급회수에 따른 성능 개선 모형을 제시하였다(Taleb-Ibrahimi, M., Castilho, B. D. and Daganzo, C. F., 1993).

반복적 재계획 방안을 이용하여 ASC 작업 스케줄링 문제 해결 방안과 반복적 재계획을 실시간 변화하는 터미널의 상황에 대처하기 위하여 일정 시간을 주기로 계획을 탐색하는 알고리즘을 제시 하였다(Park, T. and Choe, R., 2010).

혼합정수계획법을 활용하여 장치장 크레인의 작업할당 문제에 대한 최적화 수리모형을 개발하고 이의 예를 제시하였다. 그러나 수리모형은 계산시간이 많이 소요되어 현장에서 사용되기 어렵다(Jong, W. B and Young, M. P., 2012). 컨테이너터미널에서 자동화된 트랜스퍼 크레인의 생산성을 고려한 터미널의 컨테이너 취급시간을 평가하는 모형들을 제시하였다(Kim, K. Y., 2006).

컨테이너의 적재 시 위치 측정 오차가 크게 발생하여 이를 해결하기 위해 적합한 하드웨어를 설계, 구현하고 문제를 해결하기 위해서 다단계 위치 측정 기법을 적용하여 위치 정보의 정확도를 향상시키는 차량의 위치를 측정 가능한 무선 통신 기반 실시간 위치 측정 시스템을 제시하였다(Son, S. H., Cho, H. T. and Beak, Y. J., 2012).

안벽 작업에 관한 주요 연구는 컨테이너터미널의 생산성 향상에 영

항을 미치는 병목 작업으로 인식되는 해측작업을 지원하는 이송장비 배치 방법에 대하여 제시하였다. 컨테이너터미널 육측작업 병목현상에 대해서 고려하고 있는 요인들은 많지 않다(Nguyen Vu Duc, 2011).

이송장비 풀링시스템 도입 방법에 관한 주요 연구는 자동화 컨테이너터미널의 작업통제시스템의 핵심 모듈이라고 할 수 있는 이송장비 작업통제시스템 개발을 위해 자동화 이송장비의 운영현황과 이송장비의 운영 효율성을 제시하고 작업배정규칙을 터미널 생산성 측면과 장비 효율성 측면에서 평가를 제한적으로 하였다(Kwon, H. K, 2008).

YT 풀링 운영을 더 효율적으로 할 수 있도록 YT 풀링이 담당할 작업범위 결정에 미치는 요인의 도출과 상황에 따른 YT의 작업할당 모형에 대해서 제시하였다. 실무에서 일하고 있는 전문가들을 대상으로 인터뷰하여 도출한 YT 작업 할당 모형 제시의 실험 한계가 있다(Shin, J. Y., Swon, S. C., 2009).

트랜스퍼 크레인의 야드 작업과 컨테이너 크레인의 본선 작업에서도 동일한 방식으로 정확히 야드 트랙터를 인식할 수 있는 적외선 통신시스템을 개발하여 제시하였다(Hong, D. H. and Kim, C. G, 2013). 자동화 수평 장치장을 대상으로 ATC 작업 할당 휴리스틱과 YT 배정 휴리스틱을 조합하여 시뮬레이션으로 평가 제시하고, 더불어 효율적인 장치 전략과 YT 풀링 범위를 알아보고자 모형을 제시 하였다(An, E. Y. et al., 2006).

기존의 중앙집중식인 조별 방식의 운영시스템에 비해 분산 처리된 야드 트랙터를 효율적으로 갠트릭크레인에 분배함으로써 장치장의 운영 시스템 개선 방안을 제시하였다(Park, D. J. et al, 2007). 시뮬레이션 연구를 통하여 스트레들 캐리어(straddle carrier)와 자동화된 스택킹 크레인(Automated stacking crane)의 성능을 비교 분석하였다(Vis, 2006).

컨테이너 크레인당 이송장비 수는 대안 분석에 의해서 추정되며 컨테이너 크레인당 이송장비 수를 결정하기 위해서 선석과 야드간의 거리와 이송장비의 속도와 같은 평가척도를 시뮬레이션으로 제시하였다(Choi, Y. S., Kim, U. S. and Ha, T. Y, 2004).

이송장비 흐름링크에서 최단거리 경로를 선택하고 순서를 탐색하여 단방향 네트워크 흐름경로의 설계 모듈을 제시하였다(Ko and Egbelue, 2003). 이송장비의 작업생산성을 평가할 수 있는 시뮬레이션 모델을 개발하고 이송장비 생산성에 대한 분석 평가 방법을 제시하였다(Yang, C. H, Choi, Y. S, and Ha, T. Y, 2004).

자동화 컨테이너터미널을 대상으로 시뮬레이션 평가를 통해 AVG의 효율적인 운영모형을 제시하고 이송장비의 작업효율을 높이기 위해 운행거리를 최소화하는 연구를 수행 하였다(Evers, J.J.M. and S. A. J. Koppers, 1996).

선행연구의 터미널 운영 시스템, 장치장 운영, 안벽 작업, 이송장비 풀링시스템과 관련 기존 연구에서는 모듈 설계, 분석, 개선 모형, 시뮬레이션 연구결과 등에 대한 이론적인 방법을 제시하였다.

본 논문에서는 실제 컨테이너터미널에서 해당 연구에 대한 Non Pooling System과 Pooling System의 알고리즘을 제시하고 적용하여 생산성 지표를 제시하고자 한다.

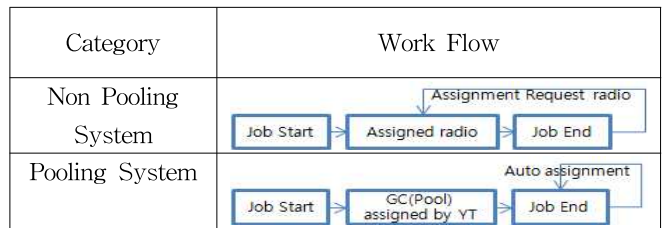
### 3. 운영모형

본 연구에서 광양항은 Non Pooling System 운영방식, 부산신항과 인천항은 Pooling System 운영방식의 알고리즘을 제시하고 각각의 컨테이너터미널의 생산성 향상을 위한 이송장비 풀링시스템 적용방안을 제시한다.

#### 3.1 운영모델 개념도

컨테이너터미널에서 이송장비를 이용한 GC생산성을 극대화하기 위한 Algorithm은 Table 2와 같이 Non Pooling System, Pooling System Algorithm으로 구분하여 운영모형 개념도를 아래와 같이 도식화 하였다.

Table 2 Operating model concept



#### 3.2 Non Pooling System과 Pooling System정의

Non Pooling System 운영방식은 Control Center 담당자가 무전기로는 작업 담당자에게 작업 대상이 무엇인지 Job order를 설정하여 매번 무전기로 전달하는 방식이다. 양하 작업 시는 해당 GC가 양하 컨테이너를 YT에 상차하면 Yard로 옮겨 작업 완료하고, 공차로 다시 GC밑에서 다음 작업 지시를 받아 양하 컨테이너에 대한 작업을 진행한다. 적하 작업 시는 Yard에서 컨테이너를 상차하여 해당 GC 밑으로 가면 작업 완료 후 다음 적하 작업을 지시 받는다. 즉 Control Center 담당자가 지시에 따라 YT는 정해진 작업 위치로 이동해서 작업을 진행 한다.

Pooling System 운영방식은 작업단위로 YT를 배치하여 YT가 최적의 GC의 작업을 수행하도록 하는 작업방식으로 다음과 같이 YT Pooling의 Range를 구성하여 시스템에 적용 관리하는 방법으로 작업을 진행 한다.

YT Pooling 작업을 위한 작업 모드는 Job Request(Human select) 와 Job Ordering(System Select) 두 가지를 터미널 Pooling System 적용하여 운영되어야 하고 효과적으로 작업을 수행하기 위해서 YT에 PDA, Pager나 무선전광판이 구성되어 운영되어야 YT가 작업 대상지로 이동 할 수 있게 지시가 가능하다.

Human Select는 장비기사가 직접 작업을 선택하는 방식을 말한다. 보통 Job Request라고 말한다. Human Select의 경우에는 별다른 제어 로직이 존재하지 않고 단지 현재 터미널 야드에 내려진 작업을 잘 유지시켜 주면 되는 구현상의 편리성이 있지만 장비기사의 능력에 의존하는 문제점이 있다.

System Select는 터미널 운영 시스템에 의해서 작업을 해야 할 장비를 지정하여 작업을 배정하는 형식을 말한다. 보통

Job Ordering이라고 말한다. System Select의 경우에는 작업을 배정하는 제어 로직이 필요하게 된다. 작업이 생성되는 시점에 해당 작업을 어느 장비가 할 것인지를 결정해 주어야 하고 상황의 변화에 따라 적절하게 작업 재배정이나 재배분을 시행해 주어야 한다. 본 논문은 System Select 방식을 적용한 Pooling System Algorithm 제어 로직을 제시 하였다.

### 3.3 Non Pooling System 운영방안

#### 1) YT 운영

가. Control Center 에서 YT 운행과 동시에 무전기로 YT 기사에게 작업(양하, 선적) 지시 한다.

나. 양하상차, 선적상차 작업 완료 후 YT 기사는 작업(양하, 선적) 위치로 이동한다.

다. 양하시 Control Center에서 장치장 위치 수신하고 선적시 Control Center에서 선적 작업 블록의 GC 위치를 수신한다.

라. 양하장치, 선적완료 작업 후 YT 기사는 다음 작업 대상이 무엇인지 Control Center로 무전기로 송신 받는다.

#### 2) Algorithm

Non Pooling System Algorithm을 이용하여 YT 운행 규칙을 아래 Fig. 1과 같이 운영모형을 구성하였다.

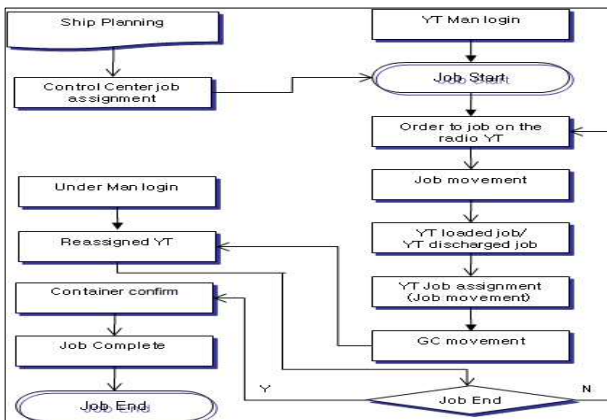


Fig. 1 Non Pooling System Algorithm

### 3.4 Pooling System 운영방안

#### 1) YT 운영

본선 운영계획을 Control Center에서 양·적하 계획에 따라 Pooling System을 이용하여 계획을 세운다.

#### 가. 양하 작업

① 플래너가 본선 양하 플랜을 생성한다. ② Control Center에서 작업 GC에 어떤 YT로 작업 할 것 인지 작업량을 고려하여 Pool을 구성하고 작업 오더를 생성 한다. ③ YT 기사는 단말기에 사시번호 및 작업조를 선택 로그인하고 최초작업 GC로 이동한다. ④ Under Man은 GC 단말기에서 해당 양하 작업을 선택하고 할당된 YT를 선택 완료처리 한다. ⑤ YT 단말기에서는 상차된 컨테이너 번호, 양하 장치장 위치, 이동 메시

를 표시하고 YT가 양하 장치장으로 이동한다. ⑥ TC는 YT가 도착하면 컨테이너를 Block-Bay에 하차 후 작업완료 처리를 한다. ⑦ YT 단말기에서는 다음 작업 대상 GC로 이동 메시지가 표시되고 GC로 이동한다.

#### 나. 적하 작업

① 플래너가 본선 적하 플랜을 생성한다. ② Control Center에서 작업 GC에 어떤 YT로 작업 할 것 인지 작업량을 고려하여 Pool을 구성하고 작업 오더를 생성 한다. ③ YT 기사는 단말기에 사시번호 및 작업조를 선택 로그인하고 본선이 집안 후 GC 작업시작하면 적하목록 순서에 따라 YT가 자동 및 수동으로 지정 된다. ④ YT 단말기에 Block-Bay 작업오더가 표시되면 작업지시를 받은 Block-Bay로 이동한다. ⑤ GC는 YT가 도착하면 컨테이너를 모선 Bay에 장치 후 작업완료 처리를 한다. ⑥ YT 단말기에서는 다음 작업과 GC로 이동하라는 메시지가 표시되면 YT는 GC로 이동한다. ⑦ Under에서는 YT와 컨테이너를 확인하여 GC 단말기에서 적하 순서로 작업 완료한다. ⑧ YT 단말기에 상차된 컨테이너 번호, Block-Bay의 장치 위치, 이동하라는 메시지가 표시되면 YT는 해당 Block-Bay로 이동하여 작업 완료한다.

#### 2) Pooling System의 YT 할당 Algorithm

Pooling System의 주요기능과 YT 할당 Algorithm을 다음과 같이 구성하고 YT 운행 규칙을 아래 Fig. 2과 같이 운영모형으로 구성하였다.

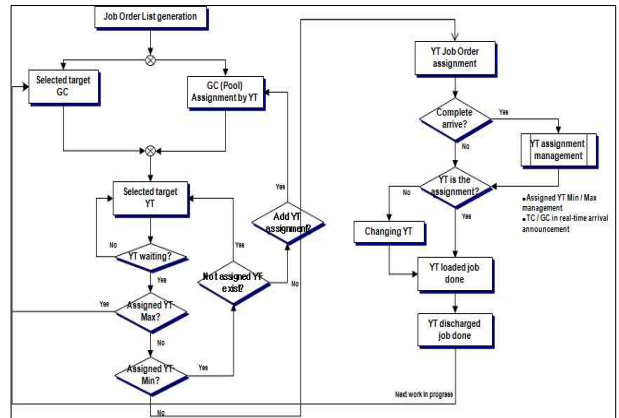


Fig. 2 Pooling System Algorithm

#### 가. 작업 단위(GC)별 YT의 균등 할당

각 작업 단위(GC)별 YT 최대, 최소 투입 대수를 설정하여 최적의 YT 할당대수를 유지한다. YT의 대기수를 균등하게 유지하기위해 GC의 대기시간이 가장 짧은 최단기간에 GC로 도착 가능한 YT를 선정하며 작업 모델은 Fig. 3와 같다.

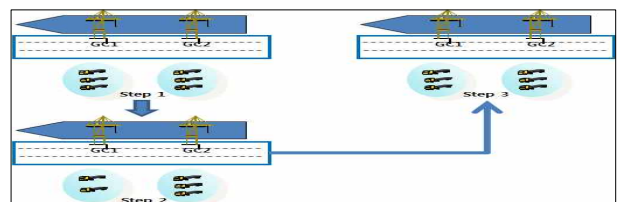


Fig. 3 Work units(GC) of equal allocation model by YT



나. 최단거리 YT이동거리를 위한 Node

Start에서 End로 선택된 위치로 YT와 야드 장비 TC의 이동시간을 최소화시키는 최적의 지점을 찾기 위해 Fig. 4는 YT와 야드 장비 TC의 Node를 정의한 운영 모형을 구성하였다. 가장 짧은 경로를 찾는 방법은 Start점과 Finish점 사이의 Node에서 가장 짧은 경로 법칙으로 X, Y 좌표에서 가장 짧은 경로 네트워크를 이용한다. 아래 Fig. 4에서 1B에서 3A까지 가장 짧은 경로는 Start→X22→X23→X24→X14→X15→Finish, Start→X22→X12→X13→X14→X15→Finish 두 가지 경로가 있다.

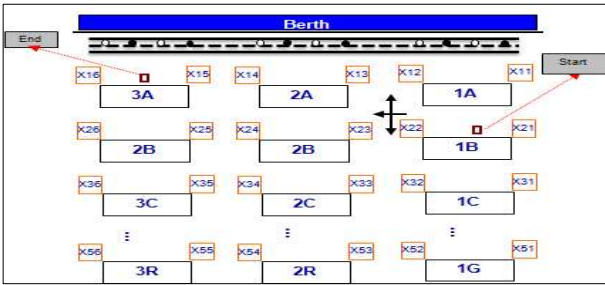


Fig. 4 Node for the shortest travel distance model YT

다. Single Cycle 작업

선적작업을 위해 YT에 컨테이너를 적재하여 GC로 이동 선적한다. 다음 선적작업을 위해 공차 상태로 컨테이너를 적재지 야드 블록으로 이동시킨다. 양하작업 경우 위의 작업 방법으로 양하작업을 진행한다. 아래 Fig. 5는 Single Cycle 작업에 대한 운영모델이다.

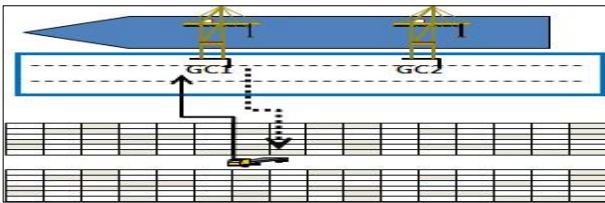


Fig. 5 Single Cycle operation model

라. Dual Cycle 작업지원

선적작업을 위해 YT가 컨테이너를 적재하여 GC 1호기로 이동하여 선적한다. GC 1호기에서 양하작업을 배정받아 해당 YT에 컨테이너를 적재하여 컨테이너 Stacking장소 야드 블록으로 이동한다. 아래 Fig. 6은 Dual Cycle 작업에 대한 운영모델이다.

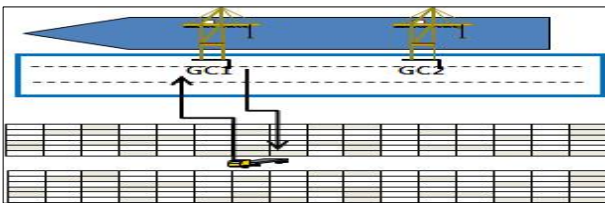


Fig. 6 Dual Cycle operation model

마. Double Cycle 작업

선적작업을 위해 YT가 컨테이너를 적재하여 GC 1호기로 이동 선적한다. GC 1호기 선적작업 완료 후 GC 2호기에서 양하작업을 배

정받아 해당 YT에 컨테이너를 적재하여 컨테이너 Stacking 장소 야드 블록으로 이동한다. 아래 Fig. 7은 Double Cycle 작업에 대한 운영모델이다.

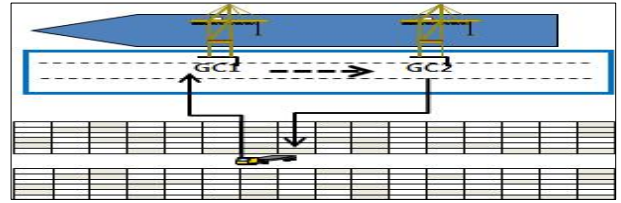


Fig. 7 Double Cycle operation model

#### 4. 적용 분석

컨테이너터미널에서 본선작업 상황은 갯당 투입되는 본선 작업 장비, 야드 장비, 이송장비 등의 투입대수가 서로 다르게 운영이 된다. 본 연구의 실험분석은 실제 운영되고 있는 터미널을 대상으로 한다.

부산신항(A)터미널은 이동장비 운영을 Pooling System Algorithm 적용하고 이송장비 위치 파악은 RFID로 인식하며 야드장비(TC)는 무인 및 유인으로 혼합 운영되는 터미널이다. 부산신항(B)터미널은 Pooling System Algorithm 적용하고 이송장비 위치 파악은 RFID로 인식하며 야드장비(TC)는 무인으로 운영되는 터미널이다.

인천항(A)터미널은 Pooling System Algorithm 일부분의 Fig. 5와 같이 Single Cycle operation model 적용하고 이송장비 위치 파악은 TC 작업 완료 시점에 인식하며 야드장비(TC)는 유인으로 운영되는 터미널이다. 광양항(A)터미널은 Non Pooling System 적용하고 이송장비 위치 파악은 TC 작업 완료 시점 및 무전기로 송수신하여 인식하며 야드장비(TC)는 유인으로 운영되는 터미널이다.

컨테이너터미널의 YT 제어는 Control Center에서 YT 운영 제어 담당자가 이송장비에 대한 수작업 지시 및 전산시스템을 이용하여 YT 작업 계획하고 운영한다. 본 논문에서는 이를 근거로 본선 하역생산성을 분석하였다.

##### 4.1 이송장비

이송장비는 에이프론(Apron)에서 야드 또는 야드에서 에이프론(Apron)으로 싣고 이동하는 작업 진행 프로세스에 의해 작업 물량을 싣고 이송하는 장비를 말하며 야드 트랙터(Yard Tractor), AGV(Automated Guided Vehicle), DST(Double Stacking Trailer), MTS(Multi Transport System) 등이 대표적이며, 운반 및 적재 기능을 동시에 수행하는 이송장비는 SC(Straddle Carrier), SHC(Shuttle Carrier), 사이드 로더, ALV(Automated Lifting Vehicle) 등이 있다.

야드 트랙터(Yard Tractor)는 안벽과 야드 간의 작업을 연결해주는 장비로 타 이송장비 대비 저렴한 가격, 뛰어난 유동성, 검증된 신뢰성 등으로 대부분의 국내·외 컨테이너터미널에서 쓰이고 있는 보편화된 이송장비이며 20피트 컨테이너 2개 또는 40피트 컨테이너 1개를 적재할 수 있는 용량을 가지는 운반차량을 말한다. 본 연구에서 터미널에서 보편적으로 사용되는 야드 트랙터를 이용한 이송장비 풀링시스템을 적용하여 알고리즘

을 제시하고 생산성을 분석하였다.

#### 4.2 고려사항

##### 1) 공통사항

중단Code가 입력된 GC에 대해 YT의 작업 할당을 중단 한다. 시스템 환경설정에 설정된 각 GC에 YT 최대, 최소 투입 대수 설정에 따라 선적이 할당 되며, Connect된 GC에 선적 할당하고 YT는 반드시 Connect된 양하 GC에 Job Order가 할당 되어야 한다. YT가 야드에서 진행 방향을 결정하는 요소는 본선 접안 방향 고려하여 본선측에서 좌현접안과 우현접안을 원칙으로 한다. 아래 Fig. 8은 야드 진행방향 모형이다.

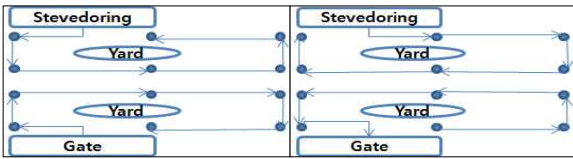


Fig. 8 Portside, Starboard

##### 2) POOL 기준 요소

###### 가. GC Based Pool

GC(1) 대 YT Pool (YT Groups)은 터미널에서 GC의 통계적 생산성에 따라 GC당 YT Group을 지정하여 Pool을 생성하는 방법이며, 투입되는 GC에 따라 생산성이 높은 YT Group을 투입함으로써 생산성 향상 증대 효과를 극대화 한다.

GC(N) 대 YT Pool (YT Groups)은 GC 전체에 대해 YT Group을 지정하여 Pool을 생성하는 방법으로 투입되는 GC에 따라 생산성이 높은 YT Group을 투입함으로써 생산성 향상 증대 효과와 해당 GC의 안벽공간에서의 YT Pool의 대기발생 가능성 있고, 안벽 공간내 대기공간(버퍼, 레인) 지정 필요하다.

###### 나. Vessel Based Pool

Vessel 대 YT Pool (YT Groups)는 접안 된 모선에 따라 모선기준으로 Pool을 생성하고 모선에 따라 YT의 동선이 달라지므로 생산성 증대 효과를 극대화 한다.

###### 다. Berth-based Pool

Berth 대 YT Pool (YT Groups)은 선석당 작업할 대상을 YT의 Pool에 생성하고 선석에 따라 YT의 동선이 달라지므로 연관 블록에 대한 작업효율 증대를 효과 극대화 한다.

##### 3) GC Fetching Rule

① Load Balancing을 원칙으로 한다. ② 최소 값을 채우지 못한 GC부터 할당 한다. ③ 최소 값을 채우지 못한 GC가 2개 이상일 경우 그중 할당이 작은 GC부터 할당 한다. ④ 최소 값을 모두 충족했을 경우 시스템에 적용되어 있는 YT 할당이 작게 된 GC에 할당 한다. ⑤ 할당된 YT수량이 동일할 경우 YT 대기수량이 작은 GC에 할당 한다. ⑥ 할당된 YT수량이 최소 값인 GC가 2대 이상일 경우는 모든 GC가 선적 작업 일때 대기시간을 비교하고 한대라도 GC가 양하 작업 일때 이동거리를 비교하는 두 가지 Rule이 적용된다.

⑦ 최대 값 이상일 경우 해당 GC는 할당 되지 않는다. ⑧ 중단 사유가 등록 된 GC는 할당 되지 않는다.

##### 4) YT 할당 전제 조건

이송장비 풀링시스템에서 작업 담당자가 YT 할당 조건을 입력하여 Pooling System을 운영하며 전체 Pool의 개수는 Control Center 운영계획에 따라 GC당 설정되는 Pool Name 경우 GC1, GC2 등 Pool Name을 지정하고 선석당 설정되는 Pool Name의 경우 Berth1, Berth2, Berth3 등 모선단위를 지정하며 미배정 Pool Name의 경우 Unassigned Pool을 입력한다.

장비별 작업 단위별 소요시간의 경우 GC는 Ship to YT 상차시간 또는 YT to Ship 하차시간, TC는 Bay to YT 상차시간 또는 YT to Bay 하차시간, R·S(Reach Stacker), T·H(Top Handler)는 Bay to YT 상차시간 또는 YT to Bay 하차시간을 입력한다.

Yard Plan에서 정의된 이동경로 즉, 경로별 이동시간 “실시간 연산”을 이용한다. YT가 할당이 되기 위해서는 E.T.W(Estimated Time Working : 작업예정 시간) 이전 “Stand By”상태를 지시 한다. 마지막으로 작업 지시에 따라서 대상 YT에 음성정보로 작업을 알린다.

##### 5) YT 다음에 작업을 결정하는 요소

GC1의 적하 작업이 끝난 후 다음 작업이 GC1의 양하 작업이면 해당 양하 컨테이너를 이송한다. 다음 작업이 GC1의 적하 작업이면 해당 Pool에서 다음 작업이 양하 작업인 장비를 찾아보고 만약 없으면 GC1의 적하 작업을 위해 Yard로 이동한다. GC1의 양하 작업이 끝난 후 해당 Pool에서 다음 작업이 적하 작업인 큐를 찾아보고 있다면 선적 위치로 이동한다. 만약 없다면, Queue side에서 Keeping 되어있는 YT를 제외한 가장 Waiting Time이 긴 작업을 선택한다. 대기 작업이 없는 경우 GC1로 이동한다.

다른 GC에 할당된 YT는 다음의 경우에 당겨올 수 있다. 즉, GC1의 작업량이 할당된 YT의 수를 훨씬 넘어설 때 GC1에 작업 대기중에 Keeping 되어있는 YT의 수가 많고 다른 YT가 양하 작업을 위해 해당 GC1로 올 때 Keeping 되어있는 YT가 N이면 (N+1)번째의 대기 YT부터 당겨서 사용할 수가 있다.

##### 6) Yard RFID

YT 위치 파악을 위한 RFID는 Yard에서 “ㄷ”자 형태로 운영되면 Lane별로 Reader 1개 혹은 2개를 설치하고 주파수는 900MHz를 사용하며 TC는 해측, 육측 각 1개 Reader를 설치, 주파수는 900MHz 사용한다.

#### 4.3 Pooling System 적용 결과분석

##### 1) 작업대상 입력자료

현재 컨테이너터미널에서 실제 운영되고 있는 이송장비 최대, 최소, 평균 투입 대수, 터미널별 본선물량, 모선 접안 척수 및 야드 장치율에 대한 자료를 입력 값으로 이용하였다. 아래 Table 3, 4, 5는 각각 YT 투입대수, 단위 Van, 모선척수 및 장치율(%)을 나타낸다.

Table 3 Number of transfer equipment input

Category	Busan New Port(A)	Busan New Port(B)	Gwangyang Port(A)	Inchon Port(A)
Min	5	5	3	3
Max	8	9	4	6
Avg	6	6	3.5	4

Table 4 Main Line volume by terminal(2013.1 - 2013.3)

Category	Busan New Port(A)	Busan New Port(B)	Gwangyang Port(A)	Inchon Port(A)
1th Week	33,131	24,005	10,879	6,146
2nd Week	38,975	28,479	6,125	8,035
3rd Week	36,316	25,629	8,787	6,809
4th Week	35,249	24,056	9,137	7,889
1th Week	36,712	16,761	7,356	4,891
2nd Week	44,167	26,122	7,173	10,369
3rd Week	38,715	20,286	7,953	7,409
4th Week	26,285	29,361	8,868	4,493
1th Week	36,073	28,026	7,994	5,241
2nd Week	42,579	33,126	9,421	8,356
3rd Week	34,749	29,856	10,224	8,202
4th Week	45,161	36,670	8,429	8,047
Sum	448,212	332,377	102,346	85,887

Table 5 Yard unit rates(2013.1 - 2013.3)

Category	Busan New Port(A)		Busan New Port(B)		Gwangyang Port(A)		Inchon Port(A)	
	Vsl	Rate	Vsl	Rate	Vsl	Rate	Vsl	Rate
1th Week	32	75.7	30	66.7	32	79.2	9	97
2nd Week	45	77.3	38	78.3	24	80	14	82.3
3rd Week	38	75.4	33	69.2	29	78.3	11	97
4th Week	39	70.5	32	96.6	28	74.6	12	93
1th Week	35	75.4	26	69.5	24	76.6	7	99.4
2nd Week	38	83.1	35	79.7	26	62.5	16	72.9
3rd Week	39	81.7	25	75.9	26	49.3	11	84
4th Week	28	69.3	33	68.1	25	51.9	7	97
1th Week	38	70.7	27	68.6	24	50	7	72.5
2nd Week	41	73.8	34	80.6	31	48.5	13	70
3rd Week	40	72.8	31	73.2	29	50.2	11	68
4th Week	40	75.6	33	78.6	31	51.3	12	65.2

적용대상 시설 현황은 Table 1과 같이 부산신항, 광양항, 인천항으로 구성한다. 시나리오는 국내 항만산업에서 컨테이너 물동량이 지속적인 성장을 보이고 있는 국내 대표적인 컨테이너터미널로 Table 3과 같이 실제 작업 상황에 따라 이송장비를 최대 및 최소로 투입하여 평균 투입 대수를 산출하였고, Table 4는 본선 작업의 모선단위 양·적하 작업 물량이며, Table 5는 모선 접안 척수와 장치장의 컨테이너 장치율 표시한 자료이다.

본 논문에서 평가 구성은 실제 컨테이너터미널에서 이송장비 운영의 경우 부산신항은 완전 Pooling System 알고리즘, 인천은 부분적인 Pooling System 알고리즘, 광양은 Non

Pooling System으로 운영하는 터미널로 구성하였다. 이송장비에 Non Pooling System과 Pooling System 알고리즘을 적용하여 주단위로 3개월 동안 이송장비의 이동 경로 및 작업 현황을 모니터링하고 결과 값을 분석 하였다.

2) 평가 결과분석

컨테이너터미널의 작업능력은 터미널 설계상의 작업능력이 아닌 실질적인 컨테이너 작업 처리 능력을 말하는 것으로 모선이 입항하여 출항할 때까지 컨테이너를 처리하는 작업물량, 작업시간을 총 선석 생산성(GBP, Gross Berth Productivity), 총 생산성(GP, Gross Productivity), 순 생산성(NP, Net Productivity)으로 구분하여 생산성을 평가하였다.

① GBP(Gross Berth Productivity)는 부두의 시간당 작업량을 의미한다. 해당 공식은 “부두 총 작업 시간 ÷ 부두 총 작업 개수” 이다. 아래 Fig. 9 GBP 도표는 컨테이너터미널에서 모선이 접안하여 양·적하 작업 진행이 이루어진 부두의 시간당 생산성 지표로 3개월 동안 1주일 단위로 추출한 자료를 나타낸 것으로 Pooling System을 도입하게 되면 도입을 하지 않았을 경우 보다 생산성이 높음을 알 수가 있다.

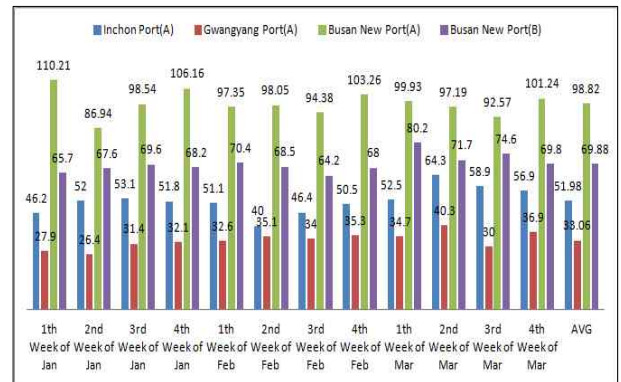


Fig. 9 GBP(Gross Berth Productivity)

② GP(Gross Productivity)는 모선이 입항하여 하역작업을 완료하여 출항 할 때까지의 소요시간에서 총 작업시간을 나눈 값을 말하며 작업 효율성 등 전체 항만서비스 수준을 나타내는 지표가 된다.

해당 공식은 “총 작업량 ÷ 입항에서 출항시간까지 소요시간 (GC 총 투입시간)” 이다. 총 작업량은 컨테이너터미널에서 모선이 입항하여 출항할 때까지 하역 된 총 물량을 말한다. 총 작업시간에서 제외되는 항목, “즉 터미널 귀책사유가 아닌 항목”은 시스템 고장으로 인한 중단시간, 본선고장 또는 본선사유로 인한 중단시간, 벌크 작업으로 인한 중단시간, 선석 컨테이너 미 반입으로 인한 대기시간, 본선 플랜 검토로 인한 중단시간 등이 있다.

아래 Fig. 10 GP 도표는 컨테이너터미널에서 3개월 동안 모선이 접안하여 이송장비를 이용하여 하역작업을 시작하여 완료 할 때까지 작업에 대한 처리 물량의 생산성 지표를 1주일 단위로 나타낸 것으로 Pooling System을 도입 한 경우와 도입을 하지 않았을 경우 차이를 비교하면 Pooling System을 도입 한 경우가 평균 10개 이상 생산성 차이가 있는 것을 볼 수가 있다.



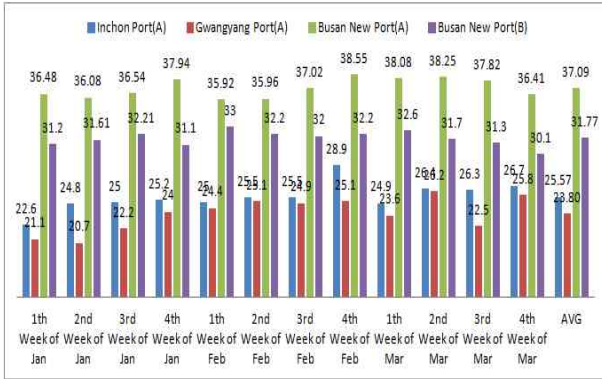


Fig. 10 GP(Gross Productivity)

③ NP(Net Productivity)는 컨테이너터미널에서 모선이 입항하여 하역작업을 완료하여 출항 할 때까지의 순 작업시간에서 총 작업시간을 나눈 값을 말하며 작업효율성 등 전체 항만 서비스 수준을 나타내는 지표가 된다.

공식으로 "총 작업량 ÷ 순 작업시간(GC 실제 투입시간)" 이다. 총 작업량은 컨테이너터미널에서 모선이 입항하여 출항할 때까지 하역작업 총 물량을 말한다. 순 작업시간은 컨테이너터미널에서 작업 중단 사유로는 Meal Time(조식, 중식, 석식), TC 장애, GC 장애, Weather(기상악화), Yard 장애, Ship 장애, Break Bulk, MARINE(해상장애), Hatch Cover, OTHER 등을 제외한 시간을 말하며 컨테이너터미널별로 중단 사유를 적용하는 차이는 있다.

아래 Fig. 11 NP 도표는 컨테이너터미널에서 3개월 동안 모선이 접안하여 이송장비를 이용하여 하역작업을 시작하여 완료할 때까지 작업에 대한 처리 물량의 생산성 지표를 1주일 단위로 나타낸 것이다. 작업 중단 시간을 제외한 생산성지표로 Pooling System을 도입 한 경우와 도입을 하지 않았을 경우 차이를 비교하면 Pooling System을 도입 한 경우가 도입을 하지 않았을 경우 보다 생산성이 높음을 알 수가 있다.

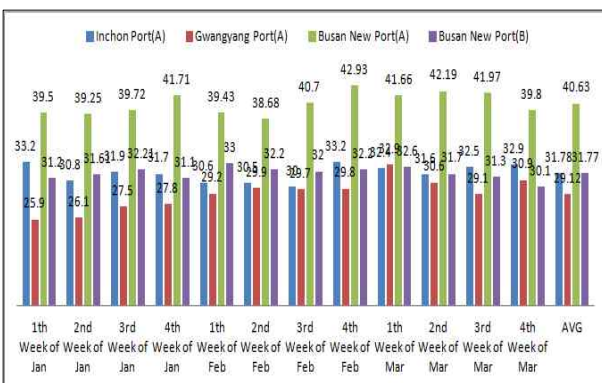


Fig. 11 NP(Net Productivity)

NP는 컨테이너터미널 마다 작업 중단 사유를 어떻게 적용하느냐에 따라 생산성 지표에 차이가 나타남을 알 수가 있다. 부산신항(B)의 경우 작업 중단 시간도 작업시간으로 관리하고 있어서 GP와 NP 생산성이 같음을 알 수가 있다.

결론적으로 컨테이너터미널에서 최적의 Pooling System의

YT 할당 Algorithm을 적용 하게 되면 생산성 지표가 되는 GBP, GP, NP 향상에 영향을 미치는 것을 알 수가 있고, Non Pooling System과 Pooling System을 비교분석한 결과 Pooling System을 도입 할 때 YT를 효율적으로 계획 운영하게 되므로 터미널 생산성 지표가 높게 됨을 볼 수가 있다.

## 5. 결 론

본 연구는 현재 컨테이너터미널의 상황에 따른 적절한 작업 할당 모형을 제시하였고 제시한 YT 풀링 시스템 알고리즘의 효과를 알아보고 실제로 운영되고 있는 컨테이너터미널에 Non Pooling System 운영방식, Pooling System 운영방식의 알고리즘 모형을 적용하여 본선물량, 모선 척수 및 야드 장치율, 이송장비의 최대, 최소, 평균 투입 대수를 설정하여 터미널 생산성 척도를 비교하였다.

Pooling System으로 운영되는 터미널과 Non Pooling System으로 운영되는 터미널 간의 생산성 지표는 Fig. 9 GBP, Fig. 10 GP, Fig. 11 NP와 같이 Pooling System의 YT 할당 Algorithm을 컨테이너터미널에 적용하게 되면 총 선석 생산성(GBP, Gross Berth Productivity), 총 생산성(Gross Productivity), 순 생산성(Net Productivity)의 지표가 높게 형성됨을 볼 수가 있다.

외부트럭의 반입·반출 작업과 구내이적 작업에서 환경조건을 고려하여 생산성 지표에 활용하였으며 터미널별 모선 접안 척수, 본선 물량, 야드 장치율, 이송장비 투입 대수 등 환경적 조건은 조금씩 다르지만 Pooling System의 YT 할당 Algorithm을 작업환경에 맞게 적용하면 생산성을 높일 수 있다.

YT, TC, GC 장비기사의 능력에 따라 생산성 지표가 다르겠지만 본 연구에서는 장비기사들의 능력은 배제하고 생산성 지표를 표출하였고 YT 이동거리의 최적화로 연료소비를 절약 할 수 있는 YT 거리계산 알고리즘 방안을 제시하였다.

즉, Productivity 측면에서 YT의 작업 회전을 향상으로 컨테이너터미널 생산성 향상 및 효율성을 높일 수가 있고, Cost 측면에서는 YT 사용 대수 절감으로 인건비, 유류비, 직간접비 등을 통해서 터미널 비용 절감 효과를 가져 올 수 있으며 YT 공차운행 감소로 비생산적인 요소를 감소하여 컨테이너터미널 운영 효율성 제고를 높일 수 있을 것이다.

기대효과는 컨테이너터미널 운영의 생산성 향상에 따른 효율성 제고, 경쟁력 있는 허브 항만 지향, Pooling System을 통한 본선 작업 측면에서는 적정 장비 투입을 통한 YT 대기시간 최소화, 각기 다른 GC간에 YT 작업 공유, GC의 실시간으로 Performance를 반영하여 YT배정, 효율적인 GC운영 방안을 제시하여 지원가능 방안을 제시 할 수 있다.

본 연구에서는 컨테이너터미널의 핵심 장비인 이송장비의 효율적인 운영을 위해서 최적의 Pooling System의 YT 할당 Algorithm을 이용하게 되면 컨테이너터미널의 GC 생산성 및 이송장비의 효율성을 좀 더 높일 수 있다는 걸 알 수가 있다.

추후 연구대상으로는 차량 사시의 정확한 위치를 맞추고 차량이



정차할 수 있도록 유도하는 시스템, 크레인 스프레더의 위치와 컨테이너의 위치를 일치시켜 안전한 작업을 수행 하는 CPS(Chassis Position System)의 System Interface를 제어하면 위치 정보 파악이 쉽고, 효과적 관리로 장비 이동 경로 파악이 가능하고 이를 통해 효율성 및 생산성 증대에 큰 효과를 줄 것으로 기대된다.

본 연구의 한계는 실제 현장에서 이송장비 주행속도를 제어할 수 있는 부분이 없기 때문에 이송장비의 주행속도별 GC 생산성의 차이를 분석하는데 미흡했다.

## References

- [1] An, E. Y. et al. (2006), "Automated horizontal yard placement heuristic evaluation for the effective operation", Korea Intelligent Information System Society 2006, pp. 279-287
- [2] Choi, Y. S., Kim, U. S. and Ha, T. Y. (2004), "An Estimate of the Required Number of Yard Tractor in Container Terminal", *Journal of Navigation and Port Research* Vol. 28, No. 6, pp. 549-555
- [3] Choi, Y. S., Kim, U. S. and Ha, T. Y. (2006), "A Technical Review of Container Terminal Remodeling : the Case of Busan Port", *Journal of Navigation and Port Research* Vol. 30, No. 6, pp. 499-508
- [4] Choi, Y. S. and Ha, T. Y. (2005), "An Evaluation of Productivity Improvement for Container Terminal by Introducing Operation System", *Journal of Navigation and Port Research* Vol. 29, No. 1, pp. 97-104
- [5] Evers, J.J.M. and S. A. J. Koppers(1996), "Automated guided vehicle traffic control at a container terminal", *Transportation Research* 30A, pp. 21-34
- [6] Ha, C. S. and Seo, M. K. (2010), "Real-Time YT Tracking and Analysis of Yard Congestion in Pooling Operation Based on RILS", *Journal of academia-industrial technology*, Vol. 11, No. 7, pp.2303-2309
- [7] Ha, T. Y., Yang, C. H. and Kim, U. S. (2004), "Simulation-based Evaluation of AGV Operation at Automated Container Terminal", *Journal of Navigation and Port Research* Vol.28, No.10, pp.891-897
- [8] Hong, D. H. (2002), "Optimized design for operating system model of automated container terminal in Korea", *Korean Society of Computer Information* Vol. 7, No. 1, pp. 62-67
- [9] Hong, D. H. and Kim, C. G. (2013), "Development of Infrared-Ray Communication System for Position Recognition of Yard Tractor in Container Terminal", *The Korea Society of Digital Policy and Management*, pp. 211-223
- [10] Jong, W. B. and Young, M. P. (2012), "Yard Crane Dispatching for Remarshalling in an Automated Container Terminal", *Journal of Navigation and Port Research* Vol. 36, No. 8, pp. 665-671
- [11] Kim, K. Y. (2006), "Evaluation Models for the Container Handling Times of the Automated Transfer Crane in Container Terminals", *IE Interfaces*, 19(3), pp. 214-224.
- [12] Kim, K. H. and Bae, J. W.(1998), "Re-marshalling export containers in port container terminals", *Computer & Industrial Engineering*, Vol. 35, pp. 655-658.
- [13] Ko, K. H. and Egbelue, P. J.(2003), " Unidirectional AGV Guide Path network design: A Heuristic algorithm", *International Journal of Production Research*, Vol.41, pp. 2235-2243
- [14] Kwon, H. K. (2008), " A Study on the Job Manager System for Transportation Equipment at Automated Container Terminal"
- [15] Nguyen Vu Duc(2011), " Vehicle dispatching in port container terminals"
- [16] Park, D. J. et al. (2007), "A Study on Implementation of Distributed Port Operation System Using Ad-Hoc Technology", *Journal of Korea Contents Association* Vol. 5, No. 1, pp. 19-23.
- [17] Shin, J. Y., Swon, S. C. (2009), "Effective Operation Strategies for Pooling Yard Tractors in Container Terminals", *Journal of Navigation and Port Research* Vol. 33, No. 6, pp. 401-407
- [18] Son, S. H, Cho, H. T. and Beak, Y. J. (2012), "Design and Implementation of Real Time Locating System for Efficient Vehicle Pooling in Port Terminal", *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering* Vol. 6, No. 9, pp. 2056-2063
- [19] Taleb-Ibrahimi, M., Castilho, B. D., and Daganzo, C. F.(1993), " Storage Space vs Handling Work in Container Terminals", *Transportation Research B*, 27B(1), pp. 13-22
- [20] Yang, C. H., Choe, Y. S. and Ha, T. Y. (2003), "Simulation Model for Transport Vehicle on Automated Container Terminal", *Journal of the Korean Operations Research and Management Science Society* 2003, pp. 1165-1170
- [21] Yang, C. H., Shin, J. S. and Ha, T. Y. (2005), "A study on the productivity effects of transport vehicle by pooling system at container terminals", *Journal of Navigation and Port Research* 2005, pp. 377-382
- [22] Van Hee, K. M. and Wjibrands, R. J.(1988), "Desision Support System for Container Terminal Planning", *European Journal of Operational Research*, 34, pp. 262-272
- [23] Vis, I. F. A.(2006), "A Comparative Analysis of Storage and Retrieval Equipment at a Container terminal", *International Journal of Production Economics*, 103, pp. 680-693
- [24] Yang, C. H, Choi, Y. S, and Ha, T. Y(2004), "Simulation based performance evaluation of transport vehicles at automated container terminals", *OR Spectrum*, Vol.26(2), pp. 149-170

원고접수일 : 2014년 5월 21일

심사완료일 : 2014년 8월 7일

원고채택일 : 2014년 8월 11일