

터미널 생산성향상을 위한 풀링시스템 최적화 알고리즘 개발 연구

차 상현* · † 노 창균

*목포해양대학교 해상운송시스템학과 대학원, † 목포해양대학교 국제해사수송과학부 교수

요 약 : 본 연구의 목적은 컨테이너터미널에서 이송장비를 이용한 GC생산성을 극대화하기 위해서 GC가 대기하는 일이 없도록 이송장비의 운반 작업이 원활히 이루어져야 하고, 수동 컨테이너 터미널의 Non Pooling System과 자동 컨테이너터미널에서 Pooling System의 이송장비 할당 알고리즘을 제시하고 실제로 적용하여 컨테이너터미널 생산성 향상의 차이를 비교 분석 제시한다.

핵심용어 : 컨테이너터미널, 이송장비, Non Pooling System, Pooling System, 알고리즘

1. 서론

1) 목적

세계 물류중심 항만으로 성장

- 컨테이너터미널 구축 경쟁 심화
- 물류비 절감 및 하역효율 증대 통한 항만의 생산성 증대 요구
- 컨테이너터미널은 지속적인 인건비 상승, 물류비용 상승 증대
- 국가별 새로운 Port 구축 경쟁에 따른 컨테이너터미널 공급과잉 등으로 컨테이너터미널 간 자기점식(Cannibalization)과 과당경쟁으로 고부가가치 산업으로서 위기

1. 서론

2) 기대효과

- 경영환경 및 세계 무역 환경 변화**
 - 컨테이너 물동량 증가 및 선박 대형화
 - 선사 통합체계 구축 및 경쟁 심화
 - 물류개선 요구 증대
 - 재항시간 최소화 및 인건비 상승
 - 항만 전문기능 및 고대항 기능 요구
- 컨테이너터미널 운영의 효율성 제고**
 - 공간적 또는 유휴 공간 지향
 - 계획 업무 자동화 및 최적화
 - 자원 최적화를 위한 운영의 자동화
 - 자동화 장비 도입으로 생산성 향상
- 대고객서비스 향상 및 이익 창출**
 - 터미널 서비스의 다양화, 정보화, 차별화 추구
 - 컨테이너터미널 운영으로 이익 창출 구조로 개편
 - 종합물류정보시스템 지향
 - 정보시스템 인프라 증대
- 급속한 정보기술 및 자동화 기술 발달**
 - 정보기술을 통한 다양한 서비스 요구
 - 자동화 장비 효율성 및 안정성 증가
 - 인터넷 기반화로 신기술 고려대상 변화
 - 장비 자동화, 대형화로 효율적 보수관리 및 점검 요구

1. 서론

1) 목적

이송장비 생산성 비교 분석

- 컨테이너터미널에서 이송장비를 이용한 GC생산성을 극대화하기 위해서는 GC가 대기하는 일이 없도록 이송장비의 운반 작업이 원활 운용
- 수동 컨테이너 터미널의 Non Pooling System과 자동 컨테이너 터미널에서 풀링 시스템의 이송장비 할당 알고리즘을 제시하고 실제로 적용하여 컨테이너터미널 생산성 향상의 차이를 비교 분석 제시
- 현재 터미널에 투입되어 있는 이송장비를 효율적으로 운용하여 터미널의 생산성 향상을 위한 풀링 시스템 최적화 알고리즘과 적용 시나리오 제안
- 수평 컨테이너터미널, 수직 컨테이너터미널의 이송장비 풀링 시스템 도입 통한 생산성 비교

2. 이론적 고찰

1) 자동화 컨테이너터미널 관련 연구

구분	내용
• 자동화 컨테이너터미널 운영 관련 연구	- 컨테이너터미널에 운영 시스템 도입 방안 관련 연구 - 최충석의 허태영(2005), 홍동희(2002년), 김장근(2013) - 장지창 작업 스케줄링 도입방안 연구 - 김영훈 등(2006), 이주오와 최용석(2004), 강재호 등(2004), 오영섭 등(2005), Lee et al.(2007), Van Hee and Wjibrands(1988) - 인백 작업에 관한 주요 연구 - Nguyen Vu Duc(2011), Michael(1997), Chin-I. Liu 역(2002), 왕승진(2002), 박두진 등(2007)
• 이송장비 시뮬레이션을 통한 연구	- Zhang and Kim(2009), 최충석 역(2004), 허태영 등(2004), 양정호 등(2003), 권해경(2008)
• 이송장비 이론적인 방법에 관한 연구	- 이송장비 알고리즘을 통한 연구 - Lai and Lam(1994), 이정모와 김관환(1999), 정정윤와 신세영(2009), Kim and Park(2004), 신세영와 권순콜(2009)
• 이송장비 실제 적용하여 풀링 시스템 알고리즘 관련 연구	- 현재까지 관련 연구가 미흡한 실정

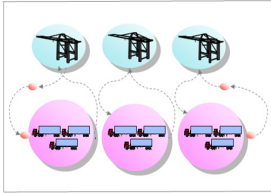
* 대표저자 : 정희원, baplie@yahoo.co.kr

† 교신저자 : 종신희원, cknoh@mmu.ac.kr

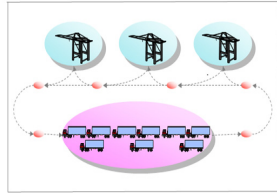
3. 터미널 풀링 시스템과 자동화 장비 인터페이스

1) 풀링 시스템 인터페이스

가. Non Pooling System 인터페이스



나. 이송장비 Pooling System 인터페이스



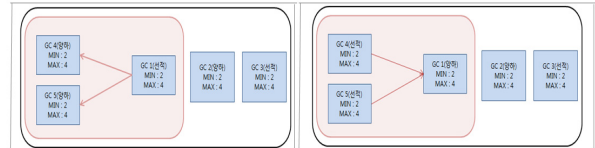
자료 : 운영서 내부 자료

3. 터미널 풀링 시스템과 자동화 장비 인터페이스

3) Fetching 기준 따라 이송장비 할당 알고리즘

가. 양하 작업 GC2, 선적 작업 GC3와 YT Cycling의 선적 작업 GC1에 대해서만 할당 하고, 양하 작업 GC4, GC5는 할당하지 않는다

나. 양하 작업 GC2, 선적 작업 GC3 및 YT Cycling의 선적 작업 GC4, GC5에 대해서만 할당 하고, 양하 작업 GC1는 할당하지 않는다

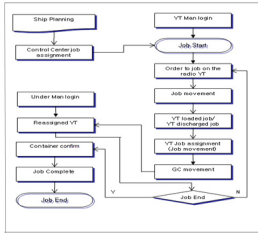


자료 : 운영서 내부 자료

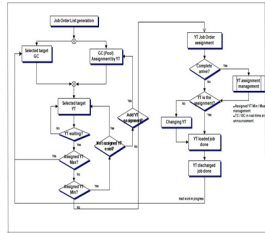
3. 터미널 풀링 시스템과 자동화 장비 인터페이스

2) 이송장비 할당 알고리즘

가. Non Pooling System



나. Pooling System



자료 : 운영서 내부 자료

4. 적용분석

1) 이송장비 할당 조건

가. Pool 개념

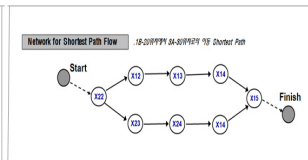
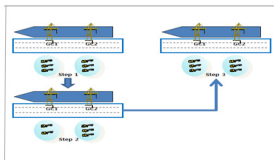
- GC Based Pool
 - GC(1) 대 YT Pool (YT Groups)
 - GC(N) 대 YT Pool (YT Groups)
- Vessel Based Pool
 - Vessel 대 YT Pool (YT Groups)
- Berth-based Pool
 - Berth 대 YT Pool (YT Groups)

3. 터미널 풀링 시스템과 자동화 장비 인터페이스

3) 풀링 시스템 이송장비 제어 알고리즘

가. 작업 단위(GC)별 이송장비의 균등 할당

나. 최단거리 이송장비 이동거리를 위한 Node



자료 : 운영서 내부 자료

4. 적용분석

1) 이송장비 할당 조건

나. Pool에 이송장비 할당

Pool Name	Assigned YT	Unassigned YT
QC101	YT501	YT508
	YT502	YT509
	YT503	YT510
User1 Pool	YT504	YT511
	YT505	YT512
	YT506	YT513
	YT507	YT514
:		:

다. 모선에 Pool 할당

GC	Ship	YT Pool
GC101	Ship A	BERTH1
GC102	Ship A	BERTH1
GC103	Ship A	BERTH1
GC104	Ship B	BERTH1
GC105	Ship B	BERTH1
GC106	Ship B	BERTH1

자료 : 운영서 내부 자료

4. 적용분석

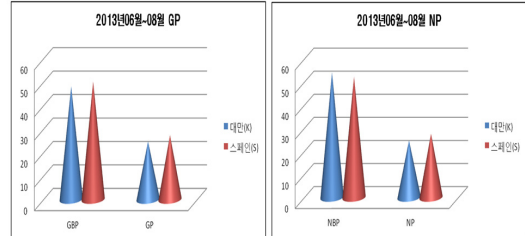
2) 이송장비 할당 규칙

- 대상 컨테이너 무게가 이송장비 안전 중량 초과 시 할당 불가
- 대상 컨테이너 무게가 GC 안전 중량 초과 시 해제 가능 여부 확인 후 할당 진행
- 대상 컨테이너 무게가 Chassis 안전 중량 초과시 할당 불가
- 대상 컨테이너의 속성이 설정된 조건에 어긋나면 할당 불가
- GC 일시 중단 시 추가 할 때 이송장비 할당 불가
- GC Status 일시 중단일 경우 최대, 최소 이송장비 작업 할당을 취소 시킨 후 전환하고 Job Order를 취소
- 아드 장비가 일시 중단 경우 최소 이송장비는 유지하고 Job Order를 취소
- 이송장비 상태가 일시 중단일 경우 이송장비 할당 대상에서 제외
- 아드장비의 이송장비 대기열이 n이성일 경우 신규 이송장비 할당 불가
- 미도착/적반 · 출입 컨테이너는 이송장비 할당 대상에서 제외

5. 결과 및 분석

2) 수직 컨테이너터미널

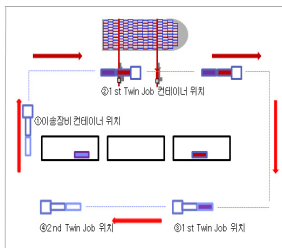
- GP 계산식: (작업수량/Gantry Crane 중 작업 시간)/60
- NP 계산식: (작업수량/(Gantry Crane 중 작업시간 - 작업중단 시간))/60



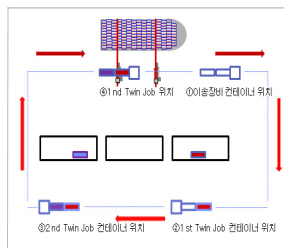
4. 적용분석

3) 시나리오

가. 선적



나. 양하

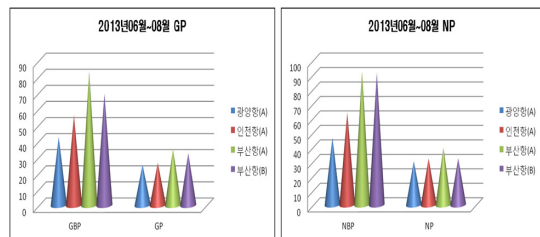


자료 : 운영사 내부 자료

5. 결과 및 분석

2) 수평 컨테이너터미널

- GP 계산식: (작업수량/Gantry Crane 중 작업 시간)/60
- NP 계산식: (작업수량/(Gantry Crane 중 작업시간 - 작업중단 시간))/60



5. 결과 및 분석

1) 연구대상 컨테이너터미널 시설 현황

구분	스페인(S)	부산항(A)	부산항(B)	인천항(A)	광양항(A)	계요항(K)
연구대상	컨테이너 전용 터미널					
연면적(㎡)	1,200(㎡)	2,000(㎡)	1,100(㎡)	600(㎡)	1,150(㎡)	940(㎡)
수심	18(m)	16-17(m)	18(m)	14(m)	18(m)	14-15
선적수	3	6	3	6	4	3
역적능력 (TEU)	156만 TEU	400만 TEU	200만 TEU	80만 TEU	111만 TEU	100만 TEU

자료 : Busan Port Authority, Yeosu GwangYang Port Authority, Incheon Port Authority, www.ttiagecras.com

5. 결과 및 분석

- 본 연구에서는 장비기사들의 능력은 배제하고 생산성 지표를 제시
- 이송장비 이동거리의 최적화로 연료소비를 절약 할 수 있는 이송장비 거리계산 알고리즘 방안을 제시

1) 생산성 제고

- ◆ 컨테이너터미널 운영의 생산성 향상에 따른 효율성 제고
- ◆ 경쟁력 있는 허브 항만 지향
- ◆ 풀링 시스템을 통한 본선 작업 측면에서는 적정 장비 투입을 통한 이송장비 대기시간 최소화
- ◆ 각기 다른 GC간에 이송장비 작업 공유, GC의 실시간으로 Performance를 반영하여 이송장비배정
- ◆ 효율적인 GC운영 방안을 제시하여 지원가능 방안을 제시

2) Productivity

- ◆ 이송장비의 작업 회전을 향상으로 컨테이너터미널 생산성 향상 및 효율성 극대화

3) Cost

- ◆ 이송장비 사용 대수 절감으로 인건비, 유류비, 직간접비등 통해서 터미널 비용 절감 효과
- ◆ 이송장비 공제운행 감소로 비생산적인 요소를 감소하여 컨테이너터미널 운영 효율성제고 극대화