

# 컨테이너터미널 풀링시스템 최적화 알고리즘 개발 연구

† 차 상현 · 노 창균\*

† 목포해양대 해상운송시스템학과, \* 목포해양대 국제해사수송과학부 교수

**요 약** : 컨테이너 터미널에서는 컨테이너 물류에 대해 총체적인 활동을 원활하게 유지하기 위해서는 시스템은 필수불가결한 요소라고 볼 수 있다. 시스템을 개발, 구축하여 효과적으로 하역작업을 원활한 컨테이너 운송을 지원함으로써, 효과적인 작업환경에 생산성 향상과 만족스러운 고객서비스를 통한 고객유치 및 물량확보가 가능하고, 효율적인 터미널 운영이 가능하다.

**핵심용어** : 시스템, 하역작업, 생산성 향상, 고객서비스, 터미널 운영

### 1. 도입배경

**경영 및 세계 무역환경 변화**

- 컨테이너 물동량 증가 및 선박 대형화 선사
- 동맹체계 구축 및 경쟁 심화
- 물류혁신 요구 증대
- 기항 시간 최소화 및 인건비 상승

- 경쟁력 있는 허브 항만지향
- 계획 업무 자동화 및 최적화
- 자원 최적활용을 위한 운영의 지능화
- 최적 시스템 구축으로 생산성 향상

**정보기술 및 자동화 기술 발달**

- 정보기술을 통한 다양한 서비스 요구
- 자동화 장비 효율성 및 안정성 증가
- 인터넷 보편화로 산업 패러다임 변화
- 장비 자동화, 대형화로 효율적 보수관리 및 점검

- 터미널 서비스의 다양화, 정보화, 차별화 추구
- 시스템 운영으로 여의 창출 구조로 개편
- 중립물류 정보시스템 지향
- 정보시스템 인프라 증대

경쟁력 강화를 위한 효율적인 컨테이너 시스템 구축

### 2. 개념

1) 여드 운영(수직구조, 수평구조)

구 분	내 용	수직구조	수평구조
여드 이용률	단위 면적 당 여드 장차 가능 능력	Very Good	Good
여드 생산성	장차 가동률, 불필요한 작업 최소화	Good	Good
본선 생산성	여역 생산성, 여송 생산성	Good	Good
사업 확장성	기존 터미널 리모델링 후 시스템 도입 가능성	Open	Close
인 건 비	여역 노동 인력 수	Normal	Good
투 자 비	터미널건설, 여역 장비 및 운영 시스템 개발 비용	High	High
여부트래 생산성	여부트래 반입 후 변출 시간	Good	Normal

### 2. 개념

- ◆ 본선 작업시 적정 장비 및 인력 투입을 통한 터미널 비용절감
- ◆ 본선작업에 투입되는 효율적인 자원관리를 통한 본선 및 여드 생산성 극대화
- ◆ 안정적인 생산성 관리를 통하여 본선 작업시간 및 작업원료 가시성 확보
- ◆ 터미널의 효율적인 터미널 운영과 YT의 가용성을 높이기 위하여 Pooling방법을 이용하여 터미널 생산성 향상을 위한 설계
- ◆ 여송 장비인 YT에 대한 Pooling방식을 적용함으로써 터미널의 운영 효율을 극대화

### 3. 시스템 운영 방법

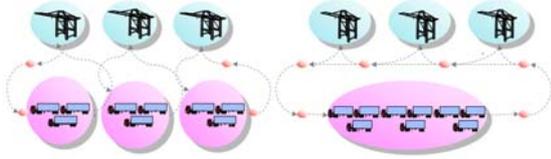
1) 기존 터미널

- 특징
  - 무전기로 통신으로 작업
  - YT POOL 지역에서 작업 지시 수신
  - 상차완료(양학상지,신적상지) 작업 완료 송신
  - 양학시 장차장 워킹 수신
  - 하차완료(양학상지,신적완료) 작업 완료 송신
- 단점
  - 무전기 통신 작업으로 다음 작업 대상 예측이 불가

### 3. 시스템 운영 방법

#### 2) Pool System(Dedicated Pool, Global Pool)

	특징	단점
D	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 각 GC단위, 모선단위, 야드 작업 단위로 Pool을 지정</li> <li>▶ 하나의 Y/T가 특정 작업만 수행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Y/T를 운영의 경우 공차 운영 거리가 늘어나는 경향 발생</li> </ul>
G	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 터미널 전체작업을 단위로 Pool을 지정</li> <li>▶ 하나의 Y/T가 본선작업, 야드 작업을 수행할 가능성이 확대</li> <li>▶ 실시간 모니터링 시스템의 기반으로 GC의 작업을 가장 가까운 Y/T에 할당</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 작업을 할당하는 규칙에 따라서 그 효율성이 달라질 수 있음.</li> </ul>



### 5. POOL 구성

#### ③ Berth-based YT pool

- Berth : YT pool (YT Groups)
- ⇒ 선석당 작업할 대상 YT의 Pool을 생성
- ⇒ 선석에 따라 YT의 동선이 달라지고 연관 블록에 대한 작업효율 증대 예상

#### ④ Pool형태에 따른 관리 사항

- ⇒ GC-based pool에서는 개별 Pool간의 혼잡도를 고려하여 대기공간의 분산관리가 필요 (대기버퍼크기를 정의(min, max)하여 max를 초과하는 경우 Pool에서 제외)
- ⇒ GC 작업 버퍼가 변 경우와 장애가 발생시 해당 Pool을 본선 작업 계획 대비하여 재할당 (Vessel/Berth-based pool에서는 블록별 workload를 모니터링 데이터를 기반으로 혼잡도를 고려하여 작업을 분산하여 Y/T를 지정)

### 4. 업무 Process

#### 1) 영해/선적



### 5. POOL 구성

#### 2) 할당정책

- 크랙린 작업예정시간 이전 YT는 Arrival상태가 되어야 함
  - 양해작업 시 : 작업예정 시간 이전 및 이후(사용자 지정 가능)
  - 적해작업 시 : 작업예정 시간 이전 및 이후(사용자 지정 가능)

#### ② Job Order의 변경

- 대상 : Fetching되어 작업중인 YT
- Job Manager에서 해당 작업(YT)에 "Reset"
- Job Manager -> YT 단말기로 "Stand By" 전송
- Job Manager -> Job Queue의 작업을 강제 매칭 가능

#### ③ Time-window based

- 최소거리 이동 (블록->연벽, 연벽->블록)
- 최소 작업대기시간 (상/하차)
- 사용자 지정 (수동), 각종 예외 사항 발생시 Job Switch 가능 및 작업 재분배 가능

### 5. POOL 구성

#### 1) 정의

##### ① GC-based YT pool

- GC (1) : YT pool (YT Groups)
- ⇒ 터미널에서 GC의 통계적 생산성에 따라 GC당 YT group을 지정하여 Pool을 생성하는 방법 (투입되는 GC에 따라 생산성이 높은 YT group을 투입함으로써 생산성 향상)

##### ■ GC (N) vs Y/T pool (Y/T Groups)

- ⇒ GC 전체에 대해 Y/T group을 지정하여 Pool을 생성하는 방법 (투입되는 GC에 따라 생산성이 높은 YT group을 투입함으로써 생산성 향상)
- ⇒ 해당 GC의 연벽공간에서의 Y/T pool의 대기발생 가능성 있음
- ⇒ 연벽 공간 내 대기공간(버퍼, 레인) 지정 필요

##### ② Vessel-based YT pool

- Vessel : YT pool (YT Groups)
- ⇒ 집안 된 모선에 따라 모선기준으로 Pool을 생성
- ⇒ 모선에 따라 YT의 동선이 달라지므로 생산성 증대 효과 예상

### 6. POOL 알고리즘

#### 1) 일반 전체

- GC별 YT의 대기수를 균등하게 함
- GC의 대기시간이 가장 작은, 최단시간 GC로 도착 가능한 YT선정

#### 2) Hatch Cover, Special handling, 고장 등 작업

- 전체(GC별 YT의 대기수를 균등하게 함)에 따른 YT 생산성 저하 발생
- GC Job Queue내 Min/Max 대기 버퍼 수를

#### 3) 최대 대기시간 초과시 fetching 방법론

- 발생 시점 : 지정된 시간 초과시에도 GC대기버퍼에 fetching이 안된 경우

##### ■ Fetching 처리방법

- . 시스템에서 할당된 Pool내 전체 YT에 fetching 요청 메시지 송신
- . 지원되지 않는 YT에서 fetching 요청 메시지 송신(요청 Confirm)
- . 해당 YT를 fetching -> 할당된 Pool내 타 YT에 fetching요청 메시지 삭제 송신

## 6. POOL 알고리즘

### 4) Shuttle Carrier 할당

#### ■ POOL 시작 확인

- Discharging Queue 의 Start Point Container가 양하 완료된 경우
- Discharging Queue 의 Start Point Container 가 마지막으로 남아있는 경우

#### ■ Shuttle Carrier 작업 위치 별 POOL 수행

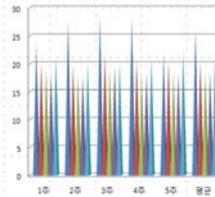
- 이동거리 및 시간을 최소화하기 위해 수행한다.
- 양하작업 완료 시
  - \* TP에 컨테이너 중 선택 Sequence가 빠른 컨테이너가 존재하는 지 확인 후 해당 작업에 Shuttle Carrier 를 할당
- 선적작업 완료 시 (Quay Lane)
  - \* Quay lane 컨테이너 중 GC로부터 양하 된 컨테이너가 존재하는 지 확인 후 해당 작업에 Shuttle Carrier 를 할당

## 7. 결과 및 분석

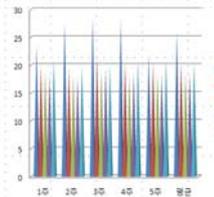
### 2) 어드 생산성

- GP 계산식: (작업수량/어드 T/C 중 작업 시간)/60
- NP 계산식: (작업수량/(T/C 중 작업시간 - 작업중단 시간))/60

2012년 GP

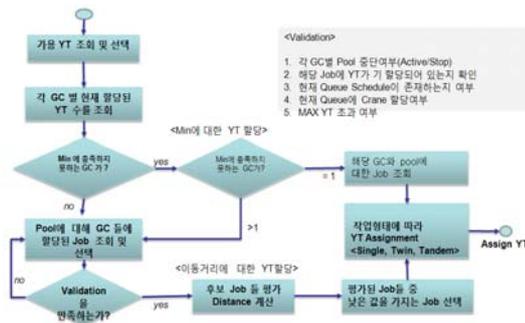


2012년 NP



## 6. POOL 알고리즘

### 5) YT 할당 Process



## 7. 결과 및 분석

- 1) 본선 생산성 향상
  - YT 대기시간 최소화
  - 각기 다른 GC인 YT 공유
  - GC의 실시간 Performance를 반영한 YT배정
  - 효율적인 GC운영 지원
- 2) YT 생산성 향상
  - 전폭적인 YT 사용대수 감소 → 가동률 증대
  - YT 이동거리 최소화 → 연료소비 절감
  - 최적의 YT 경로 제시가 가능
- 3) Productivity
  - YT 작업 회전율 향상으로 인해 생산성 향상 기여
- 4) Cost
  - 인건비, 유류비, 직간접비등
  - YT 공차운행 감소 (비생산적인 요소 감소)

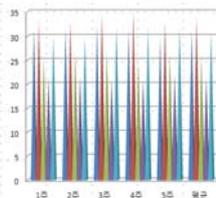
- ◇ YT 뿐만 아니라 다른 형태의 이송장비 특성을 고려한 YT Pooling 시스템 개발
- ◇ 자동화된 이송장비에 대한 Route을 결정하는 Algorithm 개발

## 7. 결과 및 분석

### 1) 본선 생산성

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

2012년 GP



2012년 NP

