

# 자동화 컨테이너 터미널의 이송 차량의 주행 경로 레이아웃 동적 최적화

김후림\* · 최이\*\* · 박태진\*\*\* · † 류광렬\*\*\*\*

\*,\*\*,\*\*\* 부산대학교 대학원, \*\*\*\* 부산대학교 컴퓨터공학과 교수

**요 약** : 자동화 컨테이너 터미널의 생산성을 향상시키기 위해서는 안벽크레인의 작업 지연 시간을 최소화하는 것이 중요하다. 안벽크레인의 작업 지연 시간은 이송 차량들이 효율적으로 주행하여 제 시간에 필요한 위치에 컨테이너를 운반함으로써 단축이 가능하다. 이송 차량의 주행 경로는 사전에 결정된 레이아웃에서 최단 거리, 최단 시간 경로 등의 라우팅 방법을 통해 결정된다. 주행 경로 레이아웃은 안벽크레인의 작업이 진행됨에 따라 안벽 크레인의 위치, 작업 물량 및 병목지점이 변화하므로 동적으로 조정할 필요가 있다. 본 논문에서는 안벽 크레인의 위치 변화에 따라 주행 경로 레이아웃을 동적으로 최적화하는 방안을 제안한다. 제안방안의 효율성은 시뮬레이션 실험을 통해 검증하였다.

**핵심용어** : 자동화 컨테이너 터미널, 이송 차량, 레이아웃, 최적화

## 1. 서 론

자동화 컨테이너 터미널에서 이송 차량은 안벽과 장치장 사이에서 컨테이너의 운반을 담당한다. 이송 차량이 효율적으로 주행하여 제 시간에 필요한 위치에 컨테이너를 운반함으로써 안벽 크레인의 작업 지연 시간을 단축할 수 있으며 이것은 곧 터미널의 생산성 향상으로 이어진다. 이송 차량의 주행 경로는 사전에 결정된 레이아웃에서 최단 거리, 최단 시간 등의 라우팅 방법을 통해 결정된다. 따라서 주행 경로의 레이아웃을 정하는 문제는 자동화 컨테이너 터미널의 생산성에 영향을 주는 중요한 요소라 할 수 있다. 주행 경로 레이아웃은 안벽 크레인의 작업이 진행됨에 따라 안벽 크레인의 위치, 작업 물량 및 병목지점이 변화하므로 동적으로 조정할 필요가 있다. 본 논문에서는 안벽 크레인의 위치 변화에 따라 주행 경로 레이아웃을 동적으로 최적화하는 방안을 제안한다.

## 2. 주행 경로 레이아웃

주행 경로 레이아웃은 QC Lane, Block Lane, Middle Lane으로 구성되어 있다. Middle Lane은 안벽 크레인으로 진입 시에 사용할 진입 Middle Lane과 이탈 시에 사용할 이탈 Middle Lane으로 세분화 된다. 주행 경로 레이아웃의 전체적인 모습은 Fig. 1과 같다.

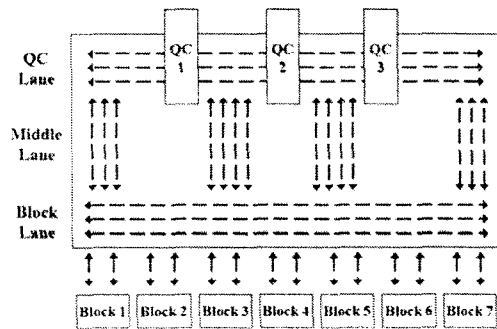


Fig. 1 Travel path layout

## 3. 주행 경로 레이아웃 최적화

안벽 크레인으로 진입 또는 이탈 시에 어떤 Middle Lane을 선택하느냐에 따라 이송 차량의 주행 거리 변화가 크다. 따라서 본 논문에서는 안벽 크레인으로 진입 시에 사용할 진입 Middle Lane과 이탈 시에 사용할 이탈 Middle Lane의 할당을 최적화하였다. 할당된 Middle Lane에 따라 이송 차량이 이동하는 동선이 변화하며 이것은 주행 경로 레이아웃의 변경을 의미한다. Middle Lane의 할당은 탐색을 통하여 최적화를 하였으며 탐색 방법으로 유전 알고리즘(Mitchell, 1996)을 사용하였다. 해의 적합도(Fitness Value)는 식 (1)을 사용하여 평가하였으며 해의 적합도 평가를 위해 사용된 4가지 평가 척도는 0과 1사이로 정규화 한 후 가중 합 하였다. 4가지 평가 척도에서 사용된 표기에 대한 설명은 Table 1과 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{Fitness Value} = & w_1 \times \text{MiddleLane 할당수} \\
 & + w_2 \times \text{MiddleLane 사용률의 표준 편차} \\
 & + w_3 \times \text{이송 차량의 기대 주행 거리} \\
 & + w_4 \times \text{이송 차량의 기대 QC 통과 수}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

† 교신저자 : 종신회원, krryu@pusan.ac.kr 051)510-2453  
 \* 정희원, limysarang@pusan.ac.kr 051)510-3645  
 \*\* 정희원, choilee@pusan.ac.kr 051)510-3645  
 \*\*\* 정희원, parktj@pusan.ac.kr 051)510-3531

Table 1 Notation of variables

변수 명	변수 설명
$Q$	총 안벽 크레인(QC) 수
$ML$	사용 가능한 총 Middle Lane 수
$Job$	총 작업 수
$QC_i$	작업 $i$ 에 할당된 안벽 크레인
$Block_i$	작업 $i$ 에 할당된 장치장
$AML$	작업 $i$ 를 처리하기 위해 QC $i$ 에 할당된 Middle Lane 수
$Normal()$	정규화 함수

3.1 Middle Lane 할당 수

Middle Lane 할당 수는 식 (2)과 같이 정의되며 Middle Lane 할당 수가 많을수록 선택의 폭이 높아져 좋은 평가 값을 가진다.

$$1 - Normal\left(\sum_{i=1}^Q \left( \frac{QC_i \text{에 할당된 진입 Middle Lane 수} +}{QC_i \text{에 할당된 이탈 Middle Lane 수}} \right)\right) \quad (2)$$

3.2 Middle Lane 사용률의 표준 편차

Middle Lane 사용률의 표준 편차는 식 (3)과 같이 정의되며 Middle Lane의 사용률은 식 (4)와 같이 정의된다. Middle lane 사용률의 표준 편차가 적을수록 Middle Lane이 고르게 사용되므로 좋은 평가 값을 가진다.

$$\sqrt{\frac{1}{ML} \sum_{i=1}^{ML} (useRate_i - useRate)^2} \quad (3)$$

$$useRate_i = \sum_{j=1}^Q \left( \frac{\frac{l}{QC_j \text{에 할당된 진입 Middle Lane 수}} + s}{QC_j \text{에 할당된 이탈 Middle Lane 수}} \right) \quad (4)$$

if  $QC_j$ 에 진입 Middle Lane 가 할당되었으면  $l = 1$   
 else  $l = 0$   
 if  $QC_j$ 에 이탈 Middle Lane 가 할당되었으면  $s = 1$   
 else  $s = 0$

3.3 이송 차량의 기대 주행 거리

이송 차량의 기대 주행 거리는 식 (5)와 같이 정의되며 이송 차량의 기대 주행 거리가 짧을수록 실제 주행 거리가 줄어들 가능성이 높으므로 좋은 평가 값을 가진다.

$$\sum_{i=1}^{Job} \sum_{j=1}^{AML} \frac{TravelDistance(QC_i, Middle Lane_j)}{AML} \quad (5)$$

3.4 이송 차량의 기대 QC 통과 수

이송 차량의 기대 QC 통과 수는 식 (6)과 같이 정의되며 이송 차량의 기대 QC 통과 수가 적을수록 QC의 작업을 방해할 가능성이 감소하므로 좋은 평가 값을 가진다.

$$\sum_{i=1}^{Job} \sum_{j=1}^{AML} \frac{QCPassingNum(QC_i, Middle Lane_j)}{AML} \quad (6)$$

4. 실험 및 결과

안벽 크레인 3대, 장치장 7개인 터미널을 대상으로 총 450개의 작업(적하작업 150, 양하작업 300)에 대하여 실험을 수행하였다. 이송차량은 무인 자가 운반 하역차량(Automated Lifting Vehicle; ALV)을 사용하였다. 레이아웃은 Cross-lane path layout(배효영 외, 2007), 각 안벽 크레인에 모든 Middle Lane을 할당하는 Free path layout 그리고 제안 방안인 Dynamic optimization path layout을 사용하였다. 식 (1)에서의 각 가중치는 모두 1로 동일 하였다. 실험 결과를 통하여 제안 방안이 비교방안에 비해 총 작업 소요 시간이 약 13% 단축됨을 확인할 수 있었다.

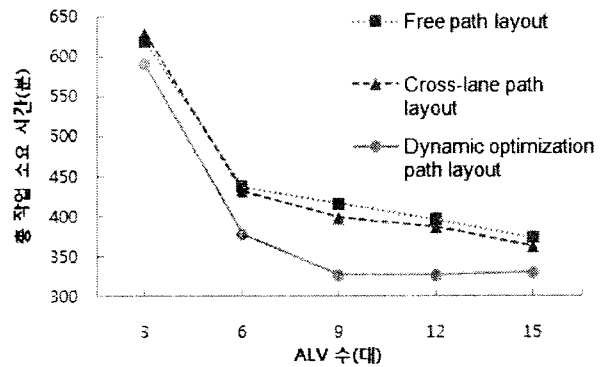


Fig. 2 Total job working time

5. 결 론

본 논문에서는 안벽 크레인의 위치 변화에 따라 주행경로 레이아웃을 동적으로 최적화하는 방안을 제안 하였다. 제안 방안은 안벽 크레인의 위치 변화에 맞추어 각 안벽 크레인에게 최적화된 Middle Lane을 할당하도록 하였다. 시뮬레이션 실험을 통하여 제안 방안이 우수한 성능을 보임을 확인하였다.

후 기

“이 논문 또는 저서는 2009년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구임” (지역거점연구단육성사업/차세대물류IT기술 연구사업단)

참 고 문 헌

[1] 배효영, 최이, 박태진, 류광렬(2007), “자동화 컨테이너 터미널의 AGV 및 ALV기반의 이송시스템 생산성 비교”, 한국항해항만학회 논문집, pp. 253-254  
 [2] Mitchell, Melanie(1996), “An Introduction to Genetic Algorithms”, MIT Press, Cambridge, MA.