

컨테이너 터미널에서 수출컨테이너의 작업순서 및 장치위치 결정

† 배종욱 · 박영만*

† 전남대학교 경상학부 물류교통학전공, *해군사관학교 국방경영과학과

요 약 : 본 연구는 반입 작업에서 수출 컨테이너의 작업순서 및 장치위치를 결정하는 문제를 다루었다. 수직 배치형 컨테이너 터미널에서 적하작업시간의 단축을 위해서는 가능한 해측에 컨테이너를 장치하는 것이 유리하지만 반입 외부 트럭의 빠른 회전시간의 측면에서는 육측이 선호된다. 이때 수출 컨테이너의 장치위치는 본선작업 우선순위에 따라 가중치가 다르고 이에 소요되는 장치소요시간에 따라 외부트럭들의 대기시간도 달라진다. 따라서 본 연구는 외부 트럭들의 예정 도착시간과 최대대기시간 그리고 적하작업의 선호 장치위치를 동시에 고려한 혼합정수모형을 개발하고 이를 활용한 적용 예를 제시하였다.

핵심용어 : 컨테이너 터미널, 장치위치, 혼합정수계획법, 크레인, 작업순서

1. 서 론

자동화 컨테이너 터미널에서는 외부 트럭의 사고방지와 무인 장비의 효율성을 위해 수직 배치형이 선호되고 있다. 이러한 형태에서 수출 컨테이너의 장치 위치는 해측 전달지점에 가까울수록 적하작업에서 야드 장비의 운반시간이 짧아져 유리하다. 반면에 수출 컨테이너를 싣고 육측 전달지점에 대기하는 외부 트럭의 입장에서는 반입작업을 수행하는 야드 장비의 운반시간이 증가되어 대기시간이 증가한다.

배, 박과 김(2006, 2008)은 수출 컨테이너를 반입 시에 육측 가까운 곳에 장치한 후 적하작업 전에 해측 가까운 위치로 옮기는 이적작업의 방법을 제시하였다. 그러나 이적작업은 추가 작업에 따라 비용과 시간을 필요로 한다. 따라서 Kim et al a (2000)의 연구처럼 향후 본선작업을 고려한 장치위치 결정이 필요하다. 본 연구는 외부 트럭에 대한 서비스 수준을 고려하여 반입단계에서 적하작업을 고려하여 장치위치를 결정하는 것이 불필요한 이적작업을 줄일 수 있다. 본 연구의 목적은 적하작업에서 야드 크레인의 이동시간이 단축되도록 수출 컨테이너의 장치위치와 수출 컨테이너 반입 외부트럭의 작업순서를 동시에 결정하는 것이다.

2. 문제 정의

본 연구에서 장치위치와 작업순서 문제는 Fig. 1과 같이 장치장 블록이 수직형으로 배치된 터미널을 대상으로 다루어졌다. 장치장 블록의 양끝에는 각각 내부 이송장비가 연계 작업을 수행하는 해측 TP(Transfer Point)와 외부 트럭이 연계 작업하는 육측 TP가 있다. 각 장치장 블록에는 1대의 야드 크레인이 배정되어 해당 블록의 하역작업을 전담하며 타 블록으로 이동하여 하역작업을 수행하지 못한다.

반입 트럭의 육측 TP 예정도착시간은 알려져 있고 야드 크레인은 육측 TP에 도착한 트럭에서 수출 컨테이너를 넘겨받아 지정된 장치위치로 운반 후 장치하고 후속 작업을 위해 다시 육측 TP로 이동한다. 그리고 반입 트럭은 야드 크레인이 수출 컨테이너를 하차하면 이동 가능해지므로 이 시점이 작업완료시간이다. 본 연구에서 장치위치 결정은 블록 내에서 장치 베이를 결정하는 것이다. 단 본 연구는 문제의 단순화를 위해 모든 수출 컨테이너의 크기는 동일하며 각 장치위치(베이)의 장치능력은 무한하다고 가정하였다.

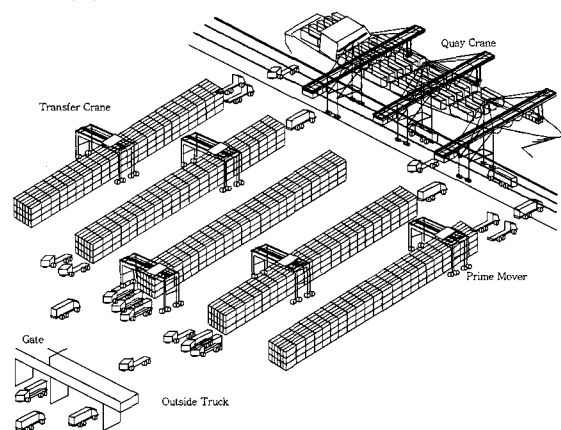


Fig. 1 Layout of automated container terminals

3. 혼합정수모형과 수치예제

본 연구는 장치위치와 작업순서를 동시에 결정하는 통합 문제에 대해 혼합정수모형을 개발하였다. 개발한 수리모형에서 사용된 변수는 다음과 같다.

x_{ij} : 야드 크레인이 i 컨테이너를 작업하고 나서 j 컨테이너를 작업하면 1 아니면 0

y_i : i 컨테이너의 장치위치

s_i : i 컨테이너 장치작업 시작시간 의사결정변수 외에 수치
 S, T : 가상의 수출컨테이너 시작작업 및 가상의 최종작업
 A_i : i 컨테이너 가장 이른 작업시작시점
 D_i : i 컨테이너 최대 허용작업완료시점
 WL_i : i 컨테이너의 장치위치에 대한 가중치
 WT_i : 외부트럭의 서비스 수준(대기시간)과 관련된 i 컨테이너의 작업시작시간에 대한 가중치
 T_{pd} : 야드 크레인의 하차 및 장치작업시간
 T_b : 야드 크레인이 1 베이로 이동하는데 소요시간
 혼합정수모형은 다음의 식(1)~(11)과 같다.

$$\min \sum_{i=1}^n WL_i y_i + \sum_{i=1}^n WT_i s_i \quad (1)$$

subject to

$$\sum_{i=1}^n x_{Si} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{iT} = 1 \quad (3)$$

$$\sum_{i=S, i \neq j}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j = 1, \dots, n, T, \quad (4)$$

$$\sum_{j=1, j \neq i}^T x_{ij} - \sum_{j=S, j \neq i}^n x_{ji} = 0 \quad \forall i = 1, \dots, n, \quad (5)$$

$$s_i + 2T_b(B+1-y_i) + 2T_{pd} - s_j \leq M(1-x_{ij}) \quad (6)$$

$$\forall i \neq j \wedge i = 1, \dots, n \wedge j = 1, \dots, n, T, \quad (7)$$

$$s_0 - s_j \leq M(1-x_{0j}) \quad \forall j = 1, \dots, n, \quad (8)$$

$$A_i \leq s_i \leq D_i \quad \forall i = S, 1, \dots, n, \quad (9)$$

$$1 \leq y_i \leq B \quad \forall i = 1, \dots, n, \quad (10)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ or } 1 \quad \forall i, j = S, 1, \dots, n, T, \quad (11)$$

$$y_i \text{ integer } \forall i = 1, \dots, n. \quad (11)$$

식(1)의 목적함수는 적하작업을 고려한 선호 장치위치 할당과 외부 차량 작업시작시간(대기시간) 단축의 2가지 항목을 포함한다. 식 (2)는 장치를 시작하는 가상의 첫 컨테이너 작업을 나타내며 식 (3)은 가상의 마지막 컨테이너 장치를 표현한다. 식 (4)는 모든 컨테이너는 반드시 한번 장치 작업이 이루어져야 함을 의미하고 식 (5)는 작업의 흐름균형을 나타내는 제약이다. 식 (6)은 컨테이너 작업순서 및 작업위치에 따른 작업시작시간과 이동시간 및 장치시간을 표현하며 식 (7)은 수출컨테이너의 작업시작시간과 가상의 첫 작업간의 관계를 의미한다. 식 (8)은 i 컨테이너의 작업이 주어진 작업가능시간과 허용완료시점 사이에 시작되어야 함을 나타낸다. 끝으로 식 (9)에서 식 (11)은 각 변수들이 값을 가질 수 있는 범위를 나타내고 있다.

수출 컨테이너의 장치위치와 작업순서를 동시에 결정하는 적용 예를 살펴보기 위해 20개의 베이로 구성된 블록에 Table

1과 같이 6대의 반입 차량이 주어지고 T_b 와 T_{pd} 는 각각 0.5 그리고 1이고 WT_i 는 1로 모두 동일하다고 가정하였다.

Table 1 Information of numerical example

Job No	WL_i	A_i	D_i
1	2	10	20
2	1	15	40
3	2	20	60
4	3	25	45
5	1	30	65
6	1	30	65

혼합정수모형에서 구한 최적해 값은 93.4로 야드 크레인의 동선을 시간축에 도식화하면 Fig. 2와 같다. 초기 위치는 육측 TP로써 1번 수출 컨테이너를 적재한 외부 트럭이 단위시간 10에 도착하면 즉시 컨테이너를 넘겨받아 단위시간 11에 목적지 4번 베이로 출발한다. 단위시간 19.5에 장치위치에 도착하여 수출 컨테이너를 장치한 후 육측 TP로 이동하여 2번째 반입작업을 수행한다.

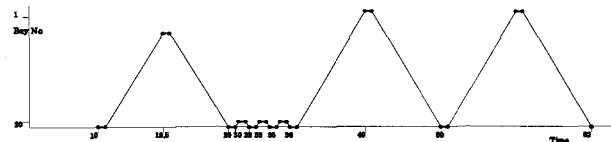


Fig. 2 Yard crane's movement

4. 결 론

본 연구는 적하작업과 반입작업이 장치위치 관점에서 상관 관계인 점을 고려하여 통합적으로 다루고자 하였다. 즉 반입작업의 수출 컨테이너 장치위치와 이를 적재한 외부 트럭의 작업순서를 동시에 결정하는 문제를 제시하였다. 본 연구는 가용 장치공간은 충분하고 베이 내 작업시간은 동일하다는 가정 하에 문제를 정의하고 최적해를 도출하기 위한 혼합정수계획모형을 수립하였다.

참 고 문 헌

- [1] 배종욱, 박영만, 김갑환, 2006, "자동화 컨테이너 터미널에서 수직형 블록의 이적작업을 위한 할당 및 작업순서", 한국항해항만학회지, 제30권, 제6호, pp. 457-464
- [2] 배종욱, 박영만, 김갑환, 2008, "시간가치를 고려한 자동화 컨테이너 터미널의 수출 컨테이너 이적계획", 한국경영과학회지, 제33권, 제2호, pp. 75-86
- [3] Kim, K.H., Park, Y.M., Ryu, K.R., 2000. Deriving decision rules to location export container in container yards. European Journal of Operational Research 124, 89-101