

트랜스퍼 크레인 운영규칙에 관한 연구

김우선*, 최용석*

* 한국해양수산개발원 항만시스템팀

A Study about the Transfer Crane Operation Rules

Woo-Sun Kim*, Yong-Suk, Choi*

* Korea Maritime Institute POIS

요약 : 본 연구에서는 장치장 운영규칙의 현실성을 높이기 위해서 트랜스퍼 크레인의 작업운영체계를 분석하고 작업우선순위의 적용을 위한 운영규칙의 적용방법을 설명하였다. 또한 장치장에서 주행로의 특성에 따른 트럭의 대기 및 주행로 접거형태를 분석하여 블록에 진입하여 대기할 수 있는 최대 대기차량수를 도출할 수 있는 산정식을 정리하고 공간의 제약상태를 분석하였다. 또한 공간의 제약사항 극복하기 위해서 공간자원을 정의할 수 있는 다작업원칙을 제시하고 그 원칙을 위한 해법과 순서도를 묘사하였다.

핵심용어 : 트랜스퍼 크레인, 운영규칙, 공간자원, 다작업원칙

영문요약 : This study was performed to analyze the operation system of transfer crane to improve the reality of yard operation rules in container terminal and present the applicable method of operation rules to apply the operation priority. And we derived the procedure to estimate the maximum number of waiting truck based on the waiting of truck and the occupancy of driving lane in yard, and analyzed the constraint state of space. To solve the space constraint, we provided a multi-job principle to define the space resource and described the solution and sequence diagram for the principle.

Key Word : Transfer Crane, Operation Rules, Space Resource, Multi Job Principle

1. 서 론

컨테이너터미널은 일반적으로 안벽, 에이프런, 장치장, 운영건물로 구성된다. 특히, 장치장은 수입컨테이너와 수출컨테이너가 만나는 곳으로 컨테이너의 적재를 위한 블록과 차량의 주행을 위한 주행로로 구성된다.

이러한 장치장은 제한된 공간을 가지고 있어서 공간의 활용이 무엇보다 중요하며, 전체적인 컨테이너터미널의 생산성을 좌우하기도 한다. 그러나, 기존의 장치장 트랜스퍼 크레인의 운영규칙에 관한 연구에서는 트럭이 작업을 받기 위한 대기공간 및 주행로의 접거상황 등을 고려하지 못하고, 단순히 장비의 작업우선순위만을 고려하여 블록에서 트랜스퍼 크레인 작업 스케줄을 결정하는 연구를 수행하거나 하나의 작업지점에 둘 이상의 작업요청시의 처리규칙에 대한 고려를 하지 못하여 왔다. 이러한 연구는 공간의 제약이라는 측면에서 보면 현실성이 떨어지는 단점을 가지고 있다.

따라서, 본 연구에서는 기존연구를 보완하여 트랜스퍼 크레인의 작업우선순위 규칙에 있어서 공간의 개념과 작업발생 수를 적용하여 문제점을 제시하며, 이를 해결하기 위한 규칙으로

블록의 주행로를 하나의 자원으로 간주하여 공간자원(Space Resource)을 이용한 해법을 제시하고, 동일지점에 발생하는 둘 이상의 작업을 먼저 처리하는 다작업원칙을 이용한 해법을 제시한다.

이를 위해서 먼저, 트랜스퍼 크레인의 작업운영체계를 분석하고, 작업우선순위의 적용을 위한 운영규칙의 적용방법을 설명하며, 장치장에서 주행로의 특성에 따른 트럭의 대기 및 주행로 접거형태를 분석하여 공간의 제약상태를 파악한다. 그리고, 블록에 진입하여 대기할 수 있는 최대 대기차량수 산정식을 도출하며, 공간의 제약상태를 분석한다. 또한, 기존 장치장 작업우선순위 규칙에서 발생하는 데드락(DeadLock)의 사례를 분석하고, 동일지점에 둘 이상의 작업이 발생시 대기 및 주행로의 간섭을 최소화할 수 있는 공간자원과 다작업원칙(Multi Job)을 도형화하여, 해법절차와 적용순서도를 제시한다.

2. 장치장 운영방식

2.1 트랜스퍼 크레인 작업운영체계

트랜스퍼 크레인 작업은 본선 작업과 게이트 작업에 연관하여

모든 운영작업과 관계된다. 따라서, 트랜스퍼 크레인 작업계획은 본선 작업과 비본선 작업으로 구분할 수 있다.

1) 비본선 작업체계

비본선 작업시는 구체적인 장비작업 계획보다 주로 게이트작업인 반출·입과 구내이적 작업에 대한 전체 장치장의 할당을 고려하여 장치장의 체증을 극소화시키는 방향으로 상황에 맞게 분포시킨다.

비본선 작업의 경우 게이트작업의 반출·입과 구내이적 예정 작업에 대한 작업구분을 먼저 선택하여 예정작업 목록을 수신 받아서 해당 컨테이너의 장치/상하차 작업이 실제 완료되어지면 선택된 예정작업을 완료처리함으로써 장치장 운영작업에 대한 컨테이너 장치/상차 완료여부를 확인할 수 있다.

2) 본선 작업체계

본선 작업시는 안벽크레인당 트랜스퍼 크레인 1~2대를 할당하여 본선 작업이 차질 없이 진행되도록 배치하는데, 본선 작업 계획을 참고하여 미리 트랜스퍼 크레인 배치를 고려할 수 있다.

트랜스퍼 크레인 작업제어는 통제실에서 실시간 발생하는 장치장 대기작업에 대한 작업 우선순위를 결정하여 트랜스퍼 크레인장비에 장치장 할당에 대한 작업지시를 내리는 것이다. 본선 작업의 경우 안벽크레인 언더맨이 안벽크레인에 배정된 트랜스퍼 크레인기사에게 작업지시를 해서 트랜스퍼 크레인이 안벽크레인 본선 작업에 대한 지원을 해 준다.

2.2 운영규칙의 작업우선순위

컨테이너터미널에서 컨테이너의 위치이동과 적재를 위해서 하는 모든 작업에는 순서가 있다. 이러한 작업순서는 터미널 본부의 통제실에서 관리자에 의해 결정된다. 그러나 프로그램 또는 시뮬레이션 모델의 개발시 로직의 구현단계에서 장치장의 상하차 작업을 통제자가 개별적으로 결정할 수 없다. 따라서, 개별 블록에서 발생한 작업의 순서를 결정해 주는 스케줄러(scheduler)가 필요하다. 이러한 스케줄러는 발생작업에 대해서 통제관리자와 같이 자동적으로 작업순서를 결정하여 주므로 분석결과의 현실성을 높일 수 있으며, 나아가서는 발생작업 및 예정작업에 대한 최적의 작업순서를 제공하여 줄 수 있다.

기존에 사용되는 스케줄러로는 FCFS(First Come First Served), UT(Undirectional Travel), NT(Nearest Truck First Served), SPT(Shortest Processing Time Rule) 등이 있다. 그 중에서 SPT를 제외한 FCFS, UT, NT 등의 작업우선순위 결정 방법은 단순히 로직에 따라 신속, 정확하게 적용가능한 운영규칙이나, SPT방법은 작업시간을 최소로 하는 작업을 선택하기 위해서 각각의 작업요청을 전부 계산하여야 한다. 따라서, SPT 방식은 프로세싱 타임이 오래 걸리고, 장치장의 컨테이너 적재 상황에 따른 재조작 등의 불확실한 상황을 반영할 수 없는 단점이 있어서 본 연구에서는 SPT방식을 분석에서 제외한다.

장치장에서 컨테이너의 작업순서결정을 위한 스케줄러로서

FCFS, UT, NT의 작업순서를 예를 들어서 정리하면 다음과 같다.

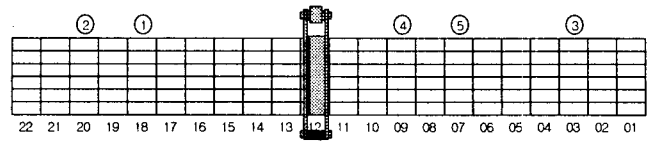


fig. 1 Truck Arrival Sequence

1) FCFS(First Come First Served) : 가장 먼저 발생한 작업을 먼저 처리한다.

· 작업순서 : ① → ② → ③ → ④ → ⑤

2) UT(Undirectional Travel) : 한쪽 방향으로 진행하면서 작업을 서비스하다가 진행방향에 더 이상 작업이 없으면 방향을 바꾼다.(<--- 진행방향의 경우)

· 작업순서 : ① → ② → ④ → ⑤ → ③

3) NT(Nearest Truck First Served) : 크레인의 현재 위치에서 가장 가까이에 있는 작업을 먼저 처리한다.

· 작업순서 : ④ → ⑤ → ③ → ① → ②

2.3 블록주행로와 트럭의 대기형태

컨테이너터미널 장치장의 블록주행로는 일반적으로 1차선과 2차선으로서 일방통행 또는 양방통행의 자유주행형태로 이루어지며, 이에 따라 트럭의 대기형태도 달라진다.

1) 블록주행로

컨테이너터미널에서 트럭이 주행하기 위한 주행로는 대략 3.78m의 폭으로서 컨테이너의 하역장소인 동시에 트럭의 대기 장소이기도 하다. 이러한 주행로는 각 터미널별로 운영방식에 따라 상이하게 사용되며, 국내 대부분의 컨테이너터미널에서는 이차선의 일방통행형을 사용하고 있다. 차량의 주행특성상 충돌의 위험이 높은 자유주행형은 많이 사용되지 않는 반면, 일방통행형은 자유주행형에 비해 트럭의 주행에 따른 안전사고의 위험성이 낮아서 널리 이용된다.

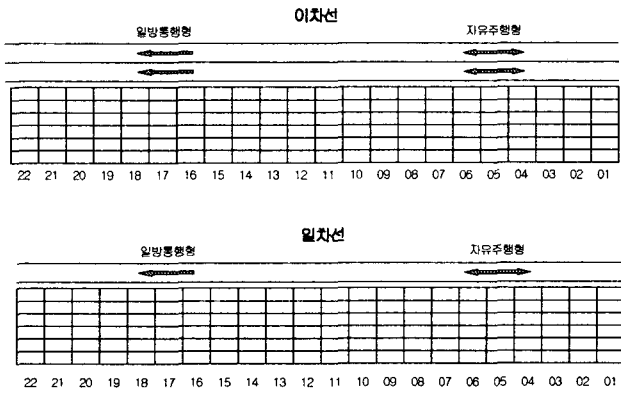


fig. 2 Truck Lane & Direction

일차선형의 주행로를 갖는 터미널에서는 먼저 도착한 트럭을 서비스하지 않으면 나중에 도착한 트럭의 주행이 불가능하므로, 무조건 FCFS방식만을 사용한다. 그러나 이차선형의 주행로를 갖는 터미널에서는 일차선에서 서비스를 받은 트럭이 이차선을 통해서 이동할 수 있어서 작업의 융통성이 좋다. 반면에 터미널 내의 많은 공간을 주행로가 차지하게 되어 야드의 적재효율이 떨어지는 단점이 있다.

2) 트럭의 대기행태

컨테이너터미널의 블록에서 하역작업을 위해 대기하는 트럭들은 터미널의 차선형태에 따라 대기위치와 작업순서가 달라진다. 일반적으로 트럭은 블록에서 안전사고의 위험으로 인하여 후진을 하지 않는다. 그러므로 일정공간이 확보되지 않으면 먼저 도착한 트럭의 뒤에서 대기하여야 한다. 따라서, 작업지점으로 볼 때 먼저 처리하는 것이 최선의 경우에도 작업을 할당할 수 없는 경우가 있다.

<그림-3>에서는 트럭의 작업공간과 안전을 위한 여유공간을 고려하여 각 터미널의 각 차선별로 트럭의 대기행태를 묘사하였다. 첫 번째 그림은 일차선의 경우로 i, ii, iii 번째 도착트럭의 작업위치 1, 2, 3에 따른 트럭의 대기행태의 한 예를 보여 주고 있다. i 번째 도착트럭과 ii 번째 도착트럭의 사이에 iii 번째 도착트럭의 작업지점이 있으나, 트럭의 작업공간 및 안전거리가 확보되지 못하여 iii 번째 도착트럭은 ii 번째 도착트럭의 2배이 뒤에서 대기하게 된다. 두 번째 그림처럼 이차선의 경우는 작업위치 1과 2사이에 충분한 안전거리가 있는 경우 2차로를 이용해서 트럭이 작업위치 2에 위치할 수 있다. 그러나, 세 번째 그림처럼 i 번째 도착트럭과 ii 번째 도착트럭의 사이에 충분한 안전거리가 확보되지 못하면 ii 번째 도착트럭은 i 번째 도착트럭의 2배이 뒤에서 대기할 수밖에 없다.

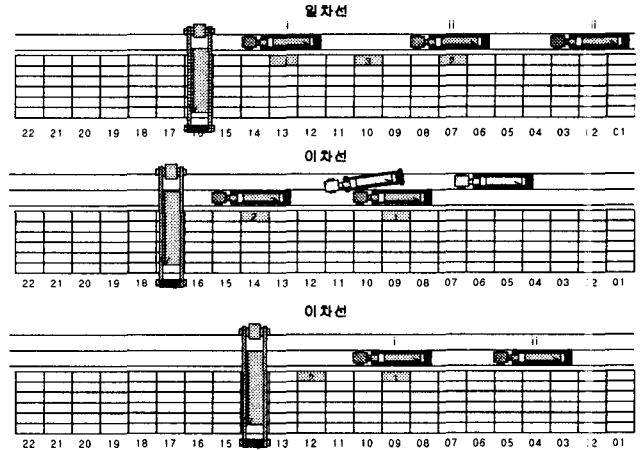


fig. 3 Wait Behavior of Truck

3) 최대 대기가능 차량대수

일차선의 형태를 갖는 터미널 블록에서 도착차량은 진입로를 통해서 들어온 트럭만이 하역작업을 마친 후 진출로를 통하여 블록 외부로 나갈 수 있기 때문에 선입선출의 원칙에 충실할 수밖에 없다. 그러므로 트랜스퍼 크레인의 작업스케줄이 따로 필요 없이 선입선출(First Come First Served)의 원칙을 따르면 된다.

이차선의 형태를 갖는 경우 주행로의 형태, 차량의 도착순서, 작업지점 등이 복합적으로 결합되어 트럭의 대기행태가 결정된다. 이로 인해 목적에 따라 작업순서를 다양하게 결정하게 된다. 일반적으로 한 블록에 무한대의 트럭이 대기할 수는 없다. 따라서, 각각의 트럭들은 안전거리를 전후로 1배이 정도 확보하여야 하며, 트럭자체가 차지하는 공간 또한 3배이가 된다. 그러므로 트럭 1대당 5배이를 차지하게 된다. 즉, 25배이의 블록에는 최대 5대의 트럭이 안전거리와 작업공간을 확보하면서 대기할 수 있다. 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 h &= \text{블록번호} \\
 i &= \text{현재위치} \\
 j &= \text{작업발생위치} \\
 k &= \text{가용 TC 장비} \\
 n &= \text{블록의 배이수} \\
 L &= \text{블록레벨} \\
 L_i^k &= k \text{ 크레인의 위치 } i \\
 Q^h &= h \text{ 블록에서 대기할 수 있는 차량수} \\
 Q^h &\leq n/5 \text{ (Double Lane)} \\
 \text{or } Q^h &\leq (n - L_i^k)/5 \text{ (Single Lane)} \dots\dots(1) \\
 Q^h &= 0, 1, \dots, n/5
 \end{aligned}$$

3. 트랜스퍼 크레인 운영규칙 적용시 문제점

기존의 장치장 크레인 작업우선순위 결정을 위한 운영규칙들은 상당히 타당한 결과를 제공하여 주는 것으로 알려져 있다. 그러나 이러한 기법들은 다음과 같은 문제점을 안고 있다.

운영규칙들은 프로그램 또는 시뮬레이션 모델의 개발시 로직의 구현단계에서 실제 트럭이 가지고 있는 주행특성 및 장치장의 운영특성인 공간적인 제약요인을 현실적으로 반영하지 못하여 왜곡되거나 현실성이 부족한 분석결과를 도출하게 된다. 따라서, 본 연구에서 FCFS, UT, NT규칙을 대상으로 공간제약이 어떤 형태로 발생하는지 파악한다. 위의 세 가지 규칙만을 대상으로 하여 공간제약을 표현하나, 실제적으로는 다양하게 제안된 결합규칙들도 이러한 공간제약을 받게 된다. 즉, 실제 컨테이너 터미널의 운영상황에 이들 규칙을 적용할 경우 트랜스퍼 크레인 작업대상 트럭이 자리를 잡지 못하고 작업을 수행하지 못하여 멈춰버리는 데드락(Dead Lock)이 발생할 수 있다. FCFS, UT, NT 운영규칙의 공간제약 예를 살펴보면 다음과 같다.

3.1 FCFS(First Come First Served)

FCFS규칙은 가장 먼저 발생한 작업을 시작으로 순서에 맞춰서 처리하는 규칙이다. FCFS규칙은 다음과 같은 경우 공간제약으로 인한 데드락이 발생한다.

작업지점 1, 2, 3에 블록 도착순서 i, ii, iii인 트럭이 그림과 같이 도착하는 경우 ii번째 도착트럭의 경우 작업지점이 i번째 도착트럭과 중복되어 i번째 트럭의 뒤에서 대기하여야 한다. 이때, iii번째 트럭이 도착하여 작업지점 3의 자리에 위치할 경우 i번째 트럭이 서비스 받고 블록을 벗어나도 ii번째 트럭은 iii번째 트럭과의 안전거리를 확보하지 못하여 목적 작업지점을 점유할 수 없는 상황이 발생함으로써 트랜스퍼 크레인이 작업을 수행하지 못해 데드락이 발생한다.

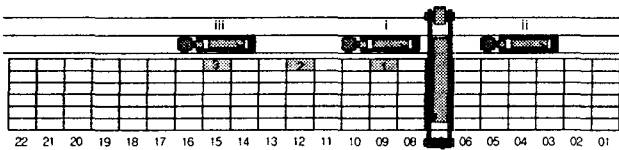


fig. 4 Example DeadLock of FCFS Rule

3.2 UT(Unidirectional Travel)

UT규칙은 한쪽 방향으로 진행하면서 트럭을 서비스하다가 진행방향에 트럭이 없으면 방향을 바꾸는 규칙으로 다음과 같은 경우 공간제약으로 인한 데드락이 발생한다.

먼저 도착한 i번째 트럭이 1의 작업지점을 점거한 후 ii번째 트럭이 2의 작업지점을 점거하기 위해서 도착한 경우 i번째 도착 트럭으로 인하여 목적 작업지점을 점유하지 못하는 상황이 발생하여 트랜스퍼 크레인이 작업을 수행하지 못하므로 데드락이 발생한다.

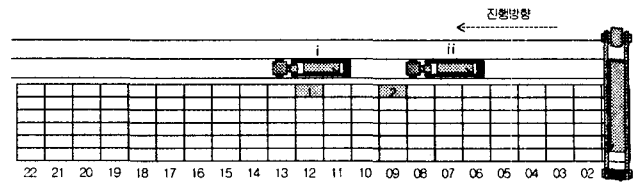


fig. 5 Example DeadLock of UT Rule

3.3 NT(Nearest Truck)

NT규칙은 크레인의 현재 위치에서 가장 가까이에 있는 트럭을 먼저 처리하는 규칙으로 다음과 같은 경우 공간제약으로 인한 데드락이 발생한다.

먼저 도착한 i번째 트럭이 1의 작업지점을 점거한 후 ii번째 트럭이 2의 작업지점을 점거하기 위해서 도착한 경우 i번째 도착트럭으로 인하여 목적 작업지점을 점유하지 못하는 상황이 발생하여 트랜스퍼 크레인이 작업을 수행하지 못하므로 데드락이 발생한다.

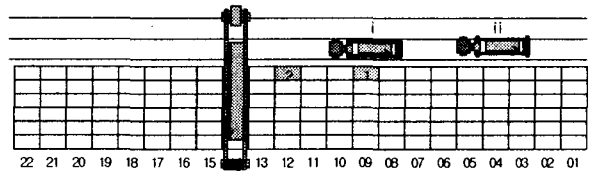


fig. 6 Example DeadLock of NT Rule

3.4 다수의 작업이 동일지점에 중복되는 경우

컨테이너 트럭이 장치장의 제한적인 공간에 집중된 컨테이너 트럭들은 다른 트럭의 주행을 가로 막아서 장치장내의 컨테이너 흐름을 방해하여 컨테이너 터미널의 생산성이 저하된다.

따라서, 단순한 게이트 반출·입작업의 경우보다는 작업이 단시간에 집중적으로 발생하는 선박으로부터의 적·양하 작업시 장치장의 생산성 저하는 안벽의 생산성 저하로 연결된다

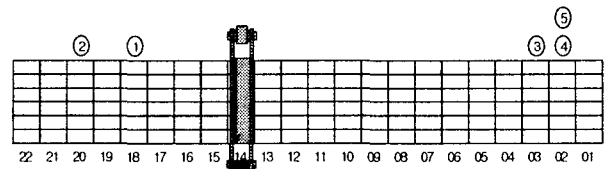


fig. 7 Example of Truck Arrival Location & Number

그림과 같이 컨테이너 트럭이 도착하여 작업요청이 발생한 경우 UT 기법을 사용하고, 작업진행방향이 3, 4, 5 방향이 아니라면, FCFS, UT, NT, SPT의 모든 작업순서는 1번 작

업부터 시작을 할 것이다. 그러나 만약에 1번 작업부터 처리를 하게 되면 3, 4, 5 작업은 대기 공간이 없기 때문에 장치장의 주행로를 점거하여야 한다. 뿐만아니라 적양하 작업의 경우 YT가 장치장에서의 대기시간증가로 인하여 C/C와 YT 장비의 이용율이 저하되고, 작업유휴시간이 증가하여 전체적으로 컨테이너 터미널의 생산성을 떨어뜨린다. 이에따라, 반출·입작업의 경우 트럭의 전체 대기시간증가로 인하여 외부 트럭의 회전시간이 증가하게 된다. 그러므로 이런 경우에는 3, 4, 5 작업을 먼저 처리해야 한다.

5. 문제의 해법제시

5.1 공간제약의 해법제시

공간제약상황을 해결하기 위해서는 야드트럭의 블록주행로 점거상황을 구체적인 공간으로 표현해야 한다. 이를 위해서 트럭이 작업을 받기 위해서 대기하는 주행로에 트럭의 길이 약 3 베이와 전후의 안전거리 1베이를 그룹화하여 각 트럭별로 점유하는 주행로공간을 자원화하여 본 연구에서는 공간자원이라고 표현한다.

공간자원은 기존에 사용된 컨테이너터미널의 하역장비, 블록, 베이 등의 구체적인 자원 외에 야드트럭의 주행, 대기 및 작업이 이루어지는 블록의 주행로를 임의의 자원으로 하여 야드트럭 간에 동일 공간을 점유하지 못하도록 하는 규칙이다.

이러한 공간자원은 프로그램 및 시뮬레이션모델을 더욱 현실화시킬 수 있는 개념으로 공간자원을 수식화하기 위하여 트럭의 전후방 안전거리를 표현하는 점유시작베이 i 와 점유종료베이 j 를 가상의 공간으로 연결하여 공간자원 SR_j^i 로 표현하며, 점유시작베이와 종료베이를 연결한 그룹화된 공간자원 SR_j^i 로 표현한다.

i = 점유시작베이, $i=1,2,\dots,n-4$

j = 점유종료베이, $j=5,6,\dots,n$

n = 블록의 베이 수

SR = 공간자원

$$x_j^i = \begin{cases} 1 & = \text{점유가능} \\ 0 & = \text{otherwise} \end{cases}$$

$$SR_j^i = i\text{베이에서 } j\text{베이까지의 공간자원} \text{-----}(2)$$

위에 제시한 수식을 이용해서 프로그램 또는 시뮬레이션 모델의 개발시 적용할 수 있는 공간자원의 해법절차를 설명하고, 순서도를 작성하면 다음과 같다.

작업이 발생하여 블록입구에 도착하면 공간자원의 점유가능 여부 x_j^i 를 확인한 후 0보다 크면 SR_j^i 를 점유 가능하여 작업

을 수행한 후 작업완료 후 SR_j^i 를 해제한 후 트럭은 블록을 이탈한다. 반대로, 0보다 작으면 점유 불가능하여 대기하며 지속적으로 x_j^i 를 체크하여 작업완료한 경우 점유된 SR_j^i 가 해제되도록 한다. 이렇게 될 경우 공간을 최대한 활용하면서 프로그램상 문제가 발생하지 않게 할 수 있다.

[Step 1] 블록입구도착

[Step 2] $x_j^i > 0$

[Step 3] If yes then SR_j^i 점유, otherwise 대기,

[Step 2]로 이동

[Step 4] 작업완료

[Step 5] SR_j^i 해제, [Step 1]으로 이동

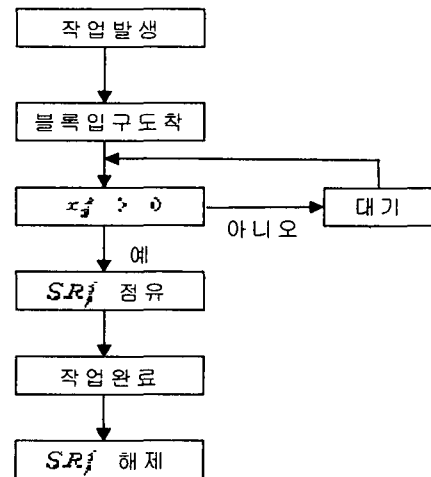


fig. 8 Space Resource Solution Sequence Diagram

5.2 다작업원칙의 해법제시

기존의 운영규칙의 작업우선순위연구를 적용한 프로그램 또는 시뮬레이션 모델의 개발시 로직의 구현단계에서 발생작업이 동일한 위치에 2개 이상 작업이 발생할 수 있다는 현실적예약을 고려하지 못하였다. 따라서 다작업원칙의 해법은 트랜스퍼 크레인의 작업선택시 작업지점의 발생작업 수를 파악하여 동일 작업지점에 가장 많은 작업이 발생한 작업을 먼저 처리하는 방법을 사용해야 한다.

따라서, 작업위치 즉 블록의 베이 j 와 j 블록에 발생한 작업수 w 를 이용해서 j 작업지점의 발생작업 수 w_j 를 점검하여 최대 발생작업 수 $\max \{ w_j \}$ 되는 j 작업지점을 파악하여 작업 우선순위를 결정한다.

j = 작업발생위치

w = 발생작업 수

n
= 블록의 베이수

$w_j = j$ 작업지점의 발생작업 수

$$\max \{ w_j \} = \text{작업지점의 발생작업 수가 최대가 되는 } j, \\ j = 1, 2, \dots, n \text{ -----(3)}$$

위에 제시한 해법을 이용해서 프로그램 또는 시뮬레이션 모델의 개발시 적용할 수 있는 다작업원칙의 해법절차를 설명하고, 순서도를 작성하면 다음과 같다.

트랜스퍼 크레인이 수행하고 있는 작업을 종료한 후 $w > 0$ 작업이 있는지 파악한다. 만약 작업이 존재하면 작업의 개수가 $w > 1$ 점검한 후, 만약 작업이 1개 이면 바로 작업을 수행하고 2개 이상이면 작업지점에 발생작업수를 점검하여 작업발생수가 $\max \{ w_j \}$ 가 되는 작업지점으로 이동하여 작업을 수행한다. 다작업원칙의 해법절차 및 순서도는 다음과 같다.

[Step 1] 트랜스퍼 크레인 수행작업 종료

[Step 2] $w > 0$ 파악

[Step 3] If yes then $w > 1$ 점검, otherwise 작업수행 and [Step 2]로 이동

[Step 4] $\max \{ w_j \}$ 파악

[Step 5] If $\max \{ w_j \} > 1$ then NT 적용, otherwise 작업수행 and [Step 3]으로 이동

[Step 6] 작업수행 후 [Step 3]으로 이동

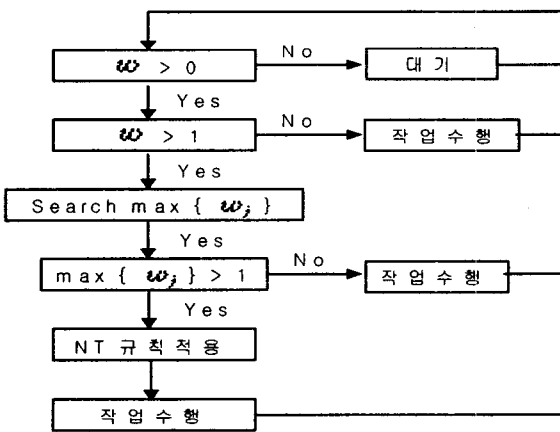


fig. 9 Multi Job Solution Sequence Diagram

6. 결 론

컨테이너터미널은 안벽으로부터 양하된 컨테이너가 장치장에 적재되었다가 게이트를 통해서 반출되거나, 적하될 컨테이너가 게이트를 통해서 반입되어 장치장에 장치된 후 야드트럭에 의해서 이송되어 선박에 적재된다.

이러한 복잡한 흐름 속에서 반출·입, 양·적하의 완충역할을 수행하는 곳이 장치장이다. 따라서, 장치장은 컨테이너터미널 운영의 핵심이며, 장치장의 생산성 향상 없이는 컨테이너터미널의 생산성 향상을 이룰 수 없다.

본 연구에서는 장치장 운영규칙의 현실성을 높이기 위해서 트랜스퍼 크레인의 작업운영체계를 분석하고, 작업우선순위의 적용을 위한 운영규칙의 적용방법을 설명하였다. 또한, 장치장에서 주행로의 특성에 따른 트럭의 대기 및 주행로 점거행태를 분석하여 블록에 진입하여 대기할 수 있는 최대 대기차량수를 도출할 수 있는 산정식을 정리하고, 공간의 제약상태를 분석하였다.

기존 FCFS, UT, NT규칙에서 발생하는 데드락의 예와 동일 지점에 둘 이상의 작업이 발생하는 경우의 대기공간의 문제점을 분석하고, 이를 해결하기 위한 공간자원과 다작업원칙을 모형화하여 해법절차와 적용순서도를 제시하였다.

추후 연구에서는 본 연구에서 제시한 공간자원의 현실반영 정도를 파악하고, 실제 적용시 트럭의 대기행태를 현실적으로 표현할 수 있는 세밀한 연구가 필요하다. 그리고, 다작업원칙은 기본적으로 단독으로 사용할 수 없는 규칙으로 다른 운영규칙과 상호보완적으로 사용해야 한다. 따라서, 다른 규칙과의 결합 사용시의 정확한 효율성분석이 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] 박두호(1999), 컨테이너 장치 작업을 위한 크레인 배정 및 작업순서 결정, 석사학위논문, 한국해양대학교.
- [2] 이경모 외(1998), "트랜스퍼 크레인의 반입 및 반출 작업 순서 결정규칙", 한국항만학회 '98 추계학술대회논문집.
- [3] 하태영(2000), 효율적인 하역장비 운용을 위한 컨테이너 터미널 선적계획 시스템, 석사학위논문, 한국해양대학교.