

컨테이너 터미널에서 실시간 선적계획을 위한 발견적 해법

서경무* · 이종호** · 신재영***

*LG CNS물류사업담당 물류사업팀, **한국해양대학교 대학원, ***한국해양대학교 물류시스템공학과 교수

A Heuristic for the Realtime Ship Load Planning in Container Terminal

Kyung-Moo Seo* · Jong-Ho Lee** · Jae-Young Shin***

*Logistics Business Team, LG CNS co., Ltd, Seoul 100-725, Korea

**Graduate school of Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea

***Department of Logistics Engineering, National Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea

요 약 : 컨테이너 터미널에서는 효율적인 선적 작업을 위해 선박이 입항하기 전 선적정보를 통해 선적 계획을 수립한다. 하지만 실제 선박이 터미널에 입항하여 안벽에 접안후의 실제 적재 상태가 계획 시점에서의 적재상태와 다르거나, 사전에 수립된 계획이 실행 불가능한 경우 등의 상황이 발생한다. 이에 따라 기존에 수립했던 계획을 즉각적으로 재수정 해야 하며, 이를 위한 해법의 연구가 필요하게 되었다. 이점에 착안하여 본 연구에서는 위에서 언급한 예기치 못한 상황에 대해 정리하고, 상황에 맞는 합리적이고 즉각적으로 활용이 가능한 실시간 선적계획 모델을 제시 하였다.

핵심용어 : 컨테이너 터미널, 실시간, 선적계획, 발견적 해법, 의사결정

Abstract : In container terminals ship loading plan for efficient loading is made before the ship arrives. But after the ship arrives, sometimes real loading state of the ship is different from planned loading state. Or sometimes the plan is not available. Hence, ship loading plan must be adjusted immediately and that algorithm must be studied. In this study we organize the situations said before. And we present realtime ship loading plan method. The method is suitable for the situations, rational, and immediately able to use.

Key words : Container terminal, Realtime, Ship loading plan, Heuristic algorithm, Decision making

1. 서 론

컨테이너 터미널은 고객사인 선사에게 비용 절감과, 수요의 충족, 그리고 서비스를 향상을 위해 선박의 처리시간에 따른 생산성 향상에 많은 노력을 기울이고 있다. 생산성은 양·적하 작업의 효율성에 의해 좌우되며, 이러한 양·적하 작업의 효율성은 사전 계획과 작업자들의 작업 방식에 의해 좌우된다. 사전 계획은 계획 수립 시점의 야드 상황과 안벽 크레인(G/C) 상황에 맞게 수립하지만, 실시간으로 발생하는 여러 가지 문제점으로 인해 현장작업의 많은 부분에 어려움을 겪고 있으며 실제 작업 시에는 본선 작업자들에 의해 임의로 작업 순서가 변경되는 경우가 많이 있다.

따라서, 본 연구에서는 실제 본선 양·적하 작업 시 작업자에 의해 임의로 변경되어 오던 작업 요소들을 분석하여 각각의 작업 보다 효율적이고 생산성을 높일 수 있는 작업이 가능한 해법을 연구 하였다.

관련된 선행 연구를 살펴보면, 신재영 외(1999)는 컨테이너

터미널의 선적 계획 시스템을 규칙베이스(Rule-Base) 시스템 근간으로 자동화 모듈을 설계 하였다.

김갑환 외(2000)는 실제 터미널에서 계획자들이 적하작업 계획 시에 고려하는 제약조건 및 효율적인 계획을 위한 고려 사항을 바탕으로 빔 탐색법(beam search)을 사용하여 컨테이너 개개의 작업순서를 결정하는 알고리즘을 제시하였으며, 개별 컨테이너의 작업순서와 위치를 결정하는 적하계획 시스템 개발에 관한 연구, T/C의 이동거리, G/C 및 T/C의 작업 편의성, 컨테이너의 무게를 고려한 선박의 안정성 등을 포함한 자동 적하계획 시스템을 개발하였다. Sasaki et al.(2004)는 컨테이너 터미널의 효율성 향상을 위해 적하 진행에 따른 본선의 안정성, 컨테이너 재취급(rehandle)수의 최소화를 고려하여 본선의 양·적하 계획에 관한 multi-objective integer programming을 연구 하였다. 신재영 외(1998)는 컨테이너 터미널에서 컨테이너 양·적하 계획 수립 시의 크레인의 작업 Hatch의 배정과 순서 결정에 관한 연구를 하였다. 박영만(2002)은 역시 크레인의 작업완료 시간 최소화를 목적함수로

* 대표저자 : 서경무(정회원), icnom9721@hotmail.com 010-9514-3378

** 정회원, ma-pd@nate.com 016-835-6484

*** 정회원, shinjy@mail.hhu.ac.kr 051)410-4335

하고, 크레인간의 간섭, 가용시간, 특정 작업간의 선후관계 등을 제약조건으로 두고 수리적 모형을 개발하였고, 이를 분지한계법을 이용하여 최적해를 빨리 찾아가는 탐색 방법을 제시하였다.

상기 연구들은 사전 정보를 바탕으로 장비의 효율성과 작업 시간의 단축을 목적으로 하는 계획 수립법에 대한 연구이다. 하지만 가장 근본이 되는 사전 선박정보가 변경된다면 아무리 잘 세워진 계획이라 하더라도 그 효율성을 잃을 것이다. 따라서 실제 선박정보의 가변성을 고려하여 실시간으로 작업을 수정하는 상황들에 대한 연구가 필요하다.

2. 하역 시스템 분석

컨테이너 터미널에서는 선박의 하역작업을 위하여 우선 기본 계획을 수립한 후 하역작업을 실시한다. 하역작업과 관련하여 터미널에서 수립하는 계획에는 G/C배정계획, 양하계획, 적하계획과 같은 세 가지의 기본 계획이 있다.

2.1 G/C 배정계획

G/C 배정계획은 각 G/C에 선박의 각 해치(Hatch)별 작업을 균등하게 배정하고 작업순서를 결정하는 것을 말한다. 기본적인 G/C 배정계획 수립 규칙은 아래와 같다.

Table 1 General G/C allocate planning rules

구분	고려사항	내용
기본 규칙	작업 물량	· 크레인별 작업량 균등화
	작업 배정	· 선박의 Hold, Deck로 나누어 각 Hatch단위로 작업배정
	G/C 특성	· 크레인간의 최소 작업 간격 유지 · 일반적 작업 간격 40'이상, Bay 번호 차이 6 이상 · 크레인간 작업 교차 및 간섭
작업 방향	양하	· 선미에서 선수방향
	적하	· 선수에서 선미방향
기타 규칙	기타	· 선사의 특정 Hatch 우선, 지연 작업 요청 · 특정 Bay 수리, 긴급화물 등의 요구

2.2 양하계획

양하 계획은 터미널에 입항 예정인 선박에 대하여 양하 관련 서류를 접수한 이후에 작업 G/C를 배정하여 작업 스케줄 및 베이(Bay)별 컨테이너의 양하 순서를 결정하는 것을 말하며, 기본적인 규칙은 아래와 같다.

Table 2 General discharge planning rules

구분	고려사항	내용
작업 방향	횡방향	· 선박 접안방향 · 중앙->바깥쪽, 바깥쪽->중앙
	종방향	· 수직 순서(vertical order) · 수평 순서(horizontal order)
유형별 일괄 작업	규격	· 컨테이너 규격별 일괄작업
	종류	· 컨테이너 종류별 일괄작업
	운송 종류	· 선내이적, 자부두 T/S별
	공 컨테이너	· 공 컨테이너 일괄작업
추가적 고려사항	G/C 통과 높이	· 추가적인 선내이적 발생 · 저반방향 앞 상단 컨테이너 우선 작업
	Hatch cover	· 형상과 종류에 따른 작업 고려 · 선창내 작업 전에 반드시 개방
	셀 가이드	· 셀 가이드 없고, 20ft 컨테이너 양하 · 두 개의 인접 Bay를 교대로 작업
	Bay 작업순서	· 동일 작업 베이(Bay)내의 순서 · G/C 작업의 진행방향 순서로 작업

2.3 적하계획

적하계획은 선사에서 제출한 적하 Stowage Plan상의 컨테이너 양하지별, 규격별 적재 요청 범위 내에서 터미널의 작업 효율성을 최대한 고려하여 개별 컨테이너의 적재 위치를 할당하고 선적순서를 결정하는 것을 말하며 기본적인 규칙은 아래와 같다.

Table 3 General load planning rules

구분	고려사항	내용
작업 방향	횡방향	· 선박 접안방향 · 중앙->바깥쪽, 바깥쪽->중앙
	종방향	· 수평 순서(horizontal order) · 수직 순서(vertical order)
	야드 장비	· 스트래틀캐리어(S/C)는 계단식 순서, 트랜스퍼크레인(T/C)는 수직 순서
유형별 일괄 작업	규격	· 컨테이너 규격별 일괄작업
	종류	· 컨테이너 종류별 일괄작업
	위치 제약	· 컨테이너가 적재될 위치 고려
	공 컨테이너	· 공 컨테이너 일괄작업
선박 안정성	중량 최소화	· 중량 컨테이너 하단 적재
	동선 최소화	· 야드장비의 블록간, 베이(Bay) 간 이동 최소화
	장비교체 최소화	· 컨테이너 장치장의 하역 장비 교체 최소화
	위치 고정	· 선사가 지정한 고정 위치에 컨테이너 적재
	단적 중량	· 단적 중량 제한 준수

추가적 고려사항	G/C 통과 높이	· 추가적인 선내이적 발생 · 접안방향 뒤쪽 상단 컨테이너 우선 작업
	Hatch cover	· 형상과 종류에 따른 작업 고려 · 갑판상 컨테이너 작업 전에 반 드시 설치
	셀 가이드	· 셀 가이드 없고, 20ft 컨테이너 양하 · 두 개의 인접 Bay를 교대로 작업
	High-cubic	· 선창내, 갑판상의 적재 요소
	층돌 및 간섭	· 야드장비 간의 작업 간격 고려

2.4 하역작업

위에서 설명한 계획들이 수립된 후 실제 선박이 입항하면 작업계획에 의해 하역작업이 실시된다.

Fig. 1은 컨테이너 선박의 하역에 있어서 각 작업자들의 위치와 하역작업의 흐름도를 나타낸 것이다.

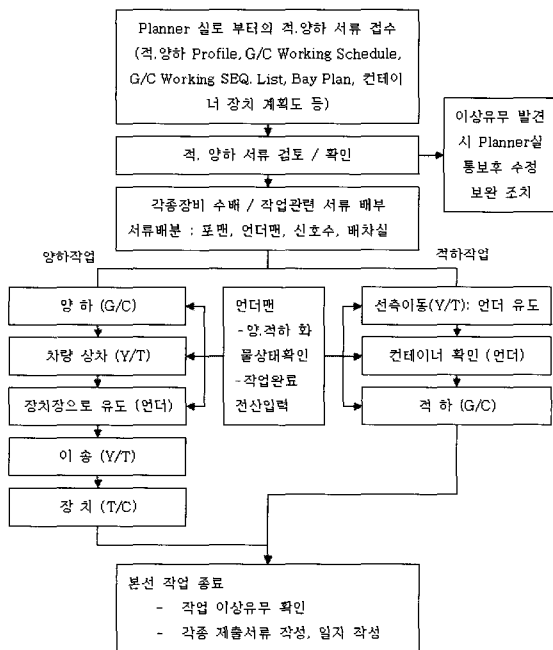


Fig. 1 Ship loading process chart

2.5 현 시스템의 한계 및 문제점

일반적인 하역작업은 사전에 수립된 G/C 배정 및 작업순서에 따라 작업을 실시한다. 하지만 실제 상황과 맞지 않는 사전 계획으로 인하여 효율적인 작업을 위해 계획을 수정하여야 하는 경우가 자주 발생하게 된다. 계획상의 상황과 실제 상황이 맞지 않는 경우는 크게 3가지로 나누어 볼 수 있는데, 다음과 같은 경우들 이다.

우선, 본선에서 컨테이너의 위치가 변경된 경우가 있다. 선사의 요청 또는 사전계획이 잘못되어 컨테이너의 위치가 변경되는 경우로서, 세부 사항은 아래와 같다.

Table 4 Situations due to changed container location

운영 문제	문제 상황
선사에 의한 특정 컨테이너 위치의 요청	· 다수의 컨테이너 위치 지정 요청
잘못된 사전 계획	· Reefer 컨테이너의 일반컨테이너 위치로 계획 · Over-dimension의 적재 불가능한 위치로 계획

다음으로는, G/C의 작업순서 및 배정 변경이 있다. 이에 대해 문제가 되는 사항은 아래와 같다

Table 5 Situations due to changed G/C work order and allocation

운영 문제	문제 상황
G/C 작업 분배/재배정	· 하나의 G/C 고장
	· 하나의 G/C 투입
	· 하나의 G/C의 작업 연장
G/C 작업 순서 변경	· 이웃 G/C의 간섭
	· 선박의 안정성
	· 다른 G/C와 동일 Block, Bay 작업을 할 경우
야드 상황	· 특정 Bay의 수리
	· 야드의 Workload 과부하 · 특수 컨테이너 일괄 작업 · 미착 컨테이너

마지막으로 Sub sequence(Bay내 작업순서)의 변경 상황이 있다. 이는 한 Bay내에서 컨테이너를 양·적하 하기 위해 정해진 순서를 변경하는 것을 말하며, 발생하는 상황은 아래와 같다.

Table 6 Changing sub sequence situations

운영 문제	문제 상황
본선 상황	· Twin Lift가 가능하나 계획에서 누락된 경우
	· Twin Lift로 계획되어졌지만, Cell 특성상 불가능한 경우
	· 선박의 안정성을 고려해야 하는 경우
	· 특정 Cell의 일괄 작업
야드 상황	· 야드의 작업이 용이한 컨테이너의 우선작업
	· 야드의 다른 작업으로 컨테이너를 즉시 꺼내기 어려운 경우
긴급/미착 컨테이너	· 우선순위 작업을 해야하는 경우

3. 실시간 선적계획 해법 연구

3.1 G/C의 작업 순서 변경

G/C의 작업 순서가 변경되는 경우는 주로 하나의 G/C가 이
웃한 다른 G/C의 간섭을 받는 경우 이루어진다.

G/C 작업순서 결정은 사전계획에 의해 정해진 G/C작업 순
서를 기본적으로 따르며 시간의 흐름에 따라 예상되는 G/C간
의 간섭, 야드 간섭이 일어나는 해치 쌍에 대해 해당 해치 쌍
의 작업 순서를 조정하여 전체 선박의 하역작업 시간을 단축
시키는 것을 목적으로 하며 해법에 사용되는 기호와 해법 순
서는 다음과 같다.

- n = 작업 대상 지점의 수
- m = 작업 G/C 대수
- a_{ij} = G/C 가 i 작업 후 j 작업 시 G/C의 이동시간
- t_i = i 작업의 작업요구 시간
- s_i = i 작업의 작업시작 시간
- D_{ij} = 간섭이 발생하는 작업 지점 (i, j)집합

step 1. 결정되어 있는 해치간의 작업 순서를 각각의 G/C별로
예상 흐름도로 표현.

시간의 흐름상 장비의 간섭이 발생하는 D_{ij} 쌍 ij 인덱
스 결정.

step 2. i 작업에 대한 작업순서 변경 가능한 작업 순서쌍 X_i 집
합 생성.

각각의 순서쌍에 대해 G/C의 작업 이동, 작업 시간,
다시 발생하는 작업간섭 시간을 고려한 변경된 총 작
업 시간 $T_i = \sum \sum (a_{ij} + t_i)$ 을 계산.

T_i 가 가장 작은 순서쌍 X_i 를 선택한다.

step 3. j 작업에 대한 작업순서 변경 가능한 작업 순서쌍 X_j 집
합 생성.

각각의 순서쌍에 대해 G/C의 작업 이동, 작업 시간,
다시 발생하는 작업간섭 시간을 고려한 변경된 총 작
업 시간 $T_j = \sum \sum (a_{ji} + t_j)$ 을 계산.

T_j 가 가장 작은 순서쌍 X_j 를 선택한다.

step 4. 변경 가능한 X_i, X_j 에서 전체 선박의 작업시간 T를 단
축하는 작업 순서 변경을 선택하고 작업순서를 변경.
더 이상 작업 시간을 단축 할 수 있는 순서쌍이 없을
때까지 step 1.단계로 이동.

G/C의 적하 작업이 위와 같이 계획 되어 있다고 했을 때,
GC111호기의 10번 해치의 Hold작업과 GC112호기의 14번 해
치의 Hold작업이 서로 간섭을 일으켜 GC111호기의 작업이 30
분가량 지연됨을 예상 할 수 있다. 따라서 위에서 제시한 해법
을 이용하여 문제에 적용시켜보면, 처음 과정으로, 간섭이 발
생하는 작업은 10H, 14H로 정의되고, 적하 작업의 경우 Hold

의 물량을 처리한 후 Deck의 물량을 처리해야하므로 10H작업
과 변경이 가능한 작업은 6H, 6D 작업, 14H와 변경이 가능한
작업은 18H, 18해치의 모든 작업이 된다.

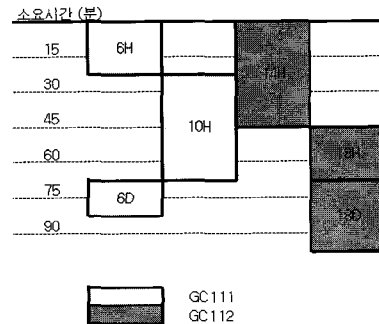


Fig. 2 The case necessary to change work sequence

우선 10H의 작업과 6H의 작업을 변경시켜보면, 14H와 10H
의 작업 간섭시간이 현재 23분가량에서 45분으로 더 증가하
고, 10H와 6D의 작업순서를 변경할 경우, 23분에서 8분으로
감소한다. 따라서 10H와 6D 작업이 X_i 로 선정된다.

그리고 14H작업과 18H작업순서를 변경시켜보면 23분에서
45분으로 증가하고, 14H작업과 18번 해치의 모든 작업과 순서
를 변경하면 23분에서 15분으로 감소한다. 따라서 14H와 18번
해치의 작업이 X_j 로 선정된다.

전체 작업량은 변함이 없으므로 작업 간섭시간을 최소화함
으로서 전체 작업시간을 최소화 할 수 있다. 따라서 X_i, X_j 중
작업 간섭 시간을 가장 작게 하는 X_i 를 선택하고 이에 따라
10H작업과 6D의 작업 순서를 변경한다. 결과는 다음과 같다.

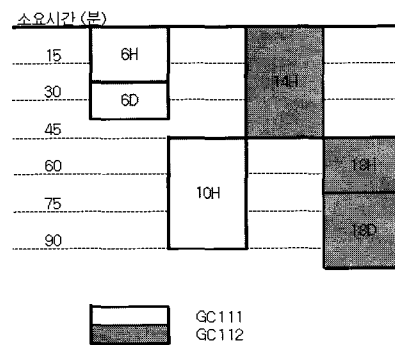


Fig. 3 The case after change work sequence

3.2 G/C의 작업 분배

G/C의 작업 분배가 이루어지는 경우는 주로 특정 G/C의 작
업시간이 다른 G/C에 비하여 월등히 길어지는 경우 이루어지
게 되며, 해법은 다음과 같다.

step 1. 전체 작업이 가장 늦게 끝나는 G/C의 해치별 작업 X_i
집합 생성.

step 2. X_i 집합상의 각각의 i 작업에 대하여 좌측 G/C에 임의

배정하고 각각 i작업을 배정시의 전체 작업 예상시간 T_i 를 계산.

T_i 가 가장 작은 집합 X_i 의 i Index를 선택.

step 3. X_j 집합상의 각각의 j작업에 대하여 우측 G/C에 임의 배정하고 각각 j작업을 배정시의 전체 작업 예상시간 T_j 를 계산.

T_j 가 가장 작은 집합 X_j 의 j Index를 선택.

step 4. 선택된 i, j Index 에서 전체 선박의 작업시간 T를 단축 하는 작업을 선택하고 작업 G/C를 변경.

더 이상 작업 시간을 단축할 수 있는 순서쌍이 없을 때 까지 step 1.단계로 이동. 전체 작업시간을 단축하지 못하면 끝낸다.

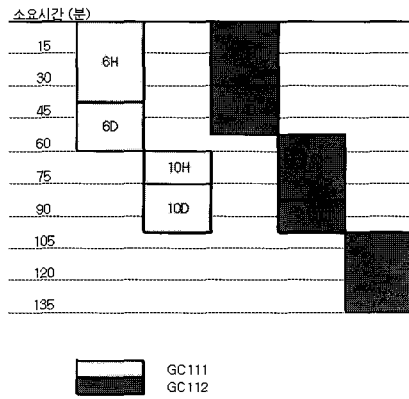


Fig. 4 The case necessary to change work load

G/C의 적하 작업이 위와 같이 계획되어 있다고 할 때, GC112호기에 작업량이 편중되어 전체 작업시간이 길어짐을 알 수 있다. 따라서 위에서 제시한 해법을 적용시켜 보면, 우선 X_1 를 구성한다. 위의 경우에는 G/C가 2대 배정되어 있기 때문에 작업의 선후관계를 고려하여 작업량이 많은 G/C의 Deck, 22Hold작업을 좌측 G/C로 배정할 수 있다. 따라서 $X_1 = 14D$ 작업, $X_2 = 18D$ 작업, $X_3 = 22H$ 작업으로 정의 한다.

14D작업을 좌측 G/C에 배정했을 경우 GC111의 작업시간은 120분, GC112의 작업시간은 113분으로 전체 작업시간은 135분에서 120분으로 감소된다. 그리고 18D의 작업을 좌측 G/C에 배정할 경우 GC111의 작업시간은 113분, GC112의 작업시간은 120분으로 전체 작업시간은 120분으로 역시 15분 감소한다. 마지막으로 22H작업을 좌측 G/C에 배정하면 GC111의 작업시간은 135분, GC112는 98분으로 전체 작업 시간은 변함이 없다.

따라서 G/C의 이동시간 및 전체 작업시간을 최소로 하는 작업집합은 X_1 가 선택되며 이때의 작업시간은 120분이 된다.

X_1 를 좌측에 배정할 경우 두 G/C의 작업시간 차이는 7분으로 더 이상 전체 작업시간을 단축시킬 만한 작업이 존재하지 않으므로 해법을 끝내게 된다.

아래의 그림은 해법적용후의 모습이다.

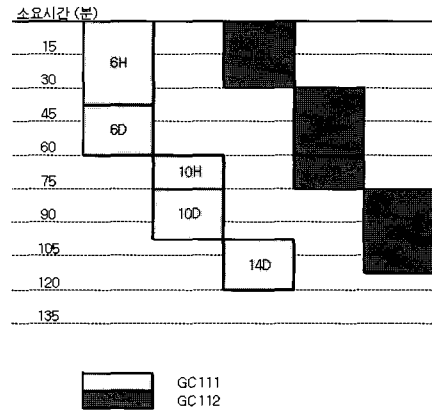


Fig. 5 The case after change work load

3.3 Sub sequence 의 변경

Table 6에 정리한 사항들에 의해 Bay내에서 개별 화물의 작업 순서인 Sub sequence를 변경해야할 경우가 발생한다.

이를 위해 우선, 기본 순서를 바탕으로 새롭게 작업할 컨테이너의 순서를 결정하기 위해 야드의 재취급, G/C의 작업 위치 변동, T/C의 작업 위치 변동, 야드의 작업 부하, 트윈 리프트(Twin Lift), 트윈 디스패치(Twin Dispatch)등의 평가값을 계산한다. 모든 평가값은 시간 단위로 계산하며, 평가값의 계산식은 아래와 같다.

$$P_{ij} = W_{ij} + GC_{ij} + TC_j + TL_{ij} + TD_{ij} + R_{ij}$$

i, j = 컨테이너 순번

P_{ij} = i 컨테이너 작업 후 j 컨테이너 작업시의 평가값

W_j = j 컨테이너 작업시의 재취급과 작업 과부하 평가값

GC_{ij} = G/C의 i 컨테이너 작업위치와 j 컨테이너 작업의 편의성

TC_j = j 컨테이너의 T/C 작업시의 평가값

TL_{ij} = i 컨테이너 작업과 j 컨테이너를 트윈 리프트 작업 결정시 평가값

TD_{ij} = i 컨테이너 작업과 j 컨테이너를 트윈 디스패치 작업 결정시 평가값

R_{ij} = i 컨테이너 작업과 j 컨테이너의 일괄작업 평가값

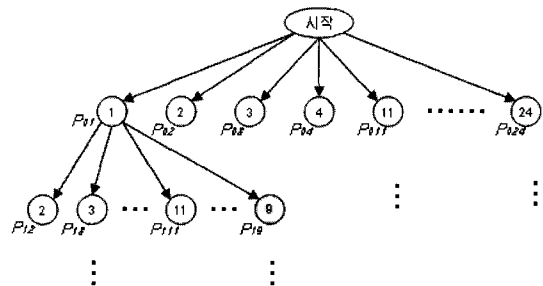


Fig. 6 Container load preceding connection

컨테이너를 선적함에 있어 선후 순서가 필요하므로, 그 순서는 Fig. 6와 같이 트리구조로 표현 될 수 있다. 각각의 아크는 컨테이너 작업 단계를 나타내고 노드는 j번 컨테이너 작업 후 j번 컨테이너의 작업을 나타낸다.

이를 기초로 한 sub sequence의 변경 해법은 다음과 같다.
 step 1. 최초 i index를 선택 - 0 혹은 이전에 선택된 아크의 j index.

선택된 i 에서 다음 선적 가능한 j 목록 집합 X_{ij} 를 생성

step 2. 선적 가능한 컨테이너 목록 집합들의 평가값 P_{ij} 계산.

step 3. P_{ij} 가 가장 낮은 i, j 아크를 선택.

가장 낮은 P_{ij} 가 두 개 이상이면 j의 index번호가 낮은 노드를 선택.

더 이상 진행할 아크가 존재하지 않으면 끝을 내고 존재하면 step 1 로 이동.

4. 해법 적용

4.1 G/C의 작업 순서 변경/작업 분배

G/C의 작업 순서 변경 및 작업 분배 해법을 검증하기 위해 가상의 선박과 선박의 작업 내용을 설정하였다.

우선 선박의 해치별 작업물량을 Table 7과 같이 가정하였으며, 현재 일부 작업이 완료된 상태로 가정하였다. 표에서 완료된 작업은 음영으로 표시하였으며, 사전계획 수립은 H컨테이너 터미널의 계획수립 방법을 사용했다.

Table 7 Work load of each hatches

구 분	06	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	62	66
양 하	D	27		3	7		63		12	52	12	13	11	16		
	H	44	4				64	33	57			54				
적 하	D		23	62	32		14	30	52	29			38			
	H		13	19	32	3		12	1	10	20	1	10	2		

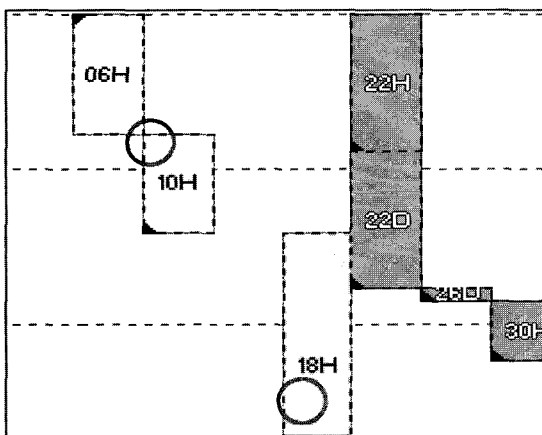


Fig. 7 Work load of each G/Cs

작업이 이루어지고 있는 과정에서 G/C간 간섭과 GC112호기에 작업의 과부하 문제를 발생시켰다.

Fig. 7을 통해 18번 해치 Hold 적하 작업과 22번 해치 Deck의 적하 작업 과정에서 G/C간 간섭이 일어남을 알 수 있고, GC112호기의 작업이 다른 G/C에 비해 작업 시간이 긴 것을 알 수 있다.

위에서 제시한 작업 순서 변경 해법을 적용했을 때 Fig. 8와 Fig. 9와 같이 전체 작업의 효율이 향상됨을 볼 수 있다.

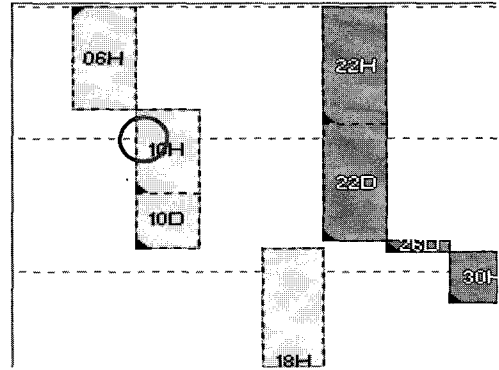


Fig. 8 After change work sequence

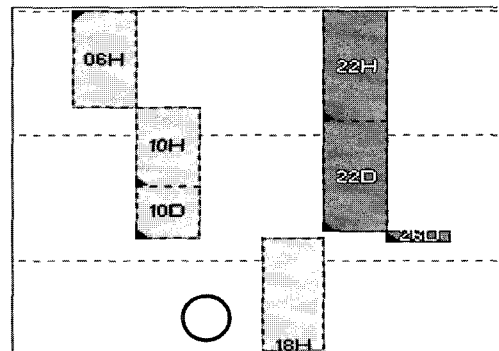


Fig. 9 After change work load

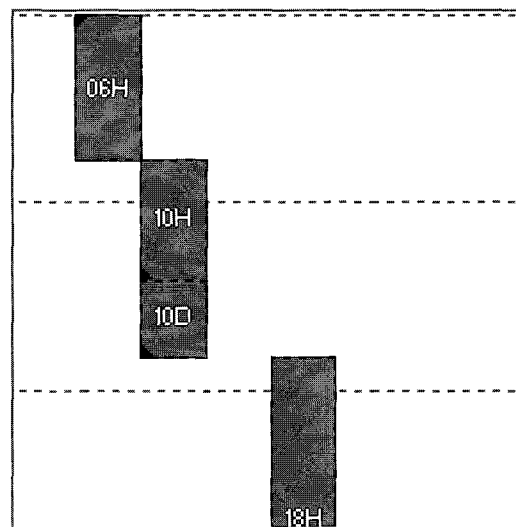


Fig. 10 GC111 break down and reallocation

또 GC111호기가 고장으로 작업이 불가능 할 경우, 해당 G/C의 작업이 나머지 2기의 G/C에 작업이 Fig. 10과 같이 재분배

되었다.

4.2 실제 자료의 적용

본 연구에서 수립한 해법을 실제 H컨테이너 터미널의 선적 자료를 이용하여 적용해 보았다.

아래 표는 G/C의 작업 순서 변경/작업 분배 해법을 적용한 결과 값이다.

Table 8 Result of the G/C allocation and changing work sequence Algorithm

구분	투입 G/C	G/C 간섭	최소 작업	최대 작업	작업 완료	
CASE 1	적용 전	3	1	161	181	7.24 시간
	적용 후	3	1	158	162	6.52 시간
CASE 2	적용 전	3	1	152	187	7.48 시간
	적용 후	3	0	171	173	6.92 시간
CASE 3	적용 전	4	1	187	238	9.92 시간
	적용 후	4	0	205	213	8.52 시간
CASE 4	적용 전	2	0	99	129	5.16 시간
	적용 후	2	0	108	122	4.88 시간

Table 8에서 보듯이 전체 작업 시점에서 작업의 평균화와 작업 완료시간을 단축시킬 수 있었다.

다음은 sub sequence변경 해법을 적용한 결과이다.

Table 9 Result of the changing sub sequence Algorithm

구분	20ft	40ft	TD	TL	재취급	
CASE 1	적용 전	18	22	18	18	9
	적용 후	18	22	18	18	7
CASE 2	적용 전	4	24	0	0	1
	적용 후	4	24	4	0	0
CASE 3	적용 전	16	15	0	4	12
	적용 후	16	15	2	13	7
CASE 4	적용 전	60	6	3	0	11
	적용 후	60	6	21	0	8
CASE 5	적용 전	17	29	16	0	25
	적용 후	17	29	16	2	21

TD : 트윈 디스패치 작업 순서쌍의 수

TL : 트윈 리프트 작업 순서쌍의 수

재취급 : 장치장에서 컨테이너 선적을 위해 재취급이 발생하는 수

Table 9와 같이 베이내의 작업 순서 변경은 변경 대상의 크기가 작으므로 사전계획에 비해 크게 변경되었다고 보기 힘들다. 하지만, 트윈리프트, 트윈 디스패치로 계획되지 않은 작업

에 대해서는 만족할 만한 결과를 얻었다고 할 수 있겠다.

5. 결 론

선박의 적하 작업에 있어 사전에 충분한 계획 수립이 이루어졌다 하더라도 실제 상황이 계획 시 고려하였던 상황과 다르거나, 제약사항이 계획시와 작업시 달라지는 경우 아무리 잘 짜여진 계획이라도 수정은 불가피 하게 되며, 실제로 그러한 경우 터미널 운영사들은 실제 작업자들의 경험에 의한 직관적인 작업 수정에 의존하고 있다. 따라서 높은 생산성 향상을 위해 실시간으로 작업자들의 의사 결정을 도와줄 도구가 필요하다.

본 연구에서는 실시간 상황을 고려하여 G/C의 작업순서를 재결정, 재배정 하고 베이(Bay)내 컨테이너 작업순서를 재결정하는 모형을 제시 하였고, 이 모형들의 발견적 해법을 통해 결과를 도출하였다.

이를 통해 실시간 작업에 있어서 효율적인 작업이 가능한 해법에 대한 연구를 시도하였고, 실제 작업 시 계속적인 계획의 수정을 통하여 효율적인 작업을 결정하는 것에 대한 연구를 하였다. 또, 발견적 해법을 통해 빠른 시간에 해답을 찾을 수 있도록 실제 선적작업 시 작업자의 의사결정지원의 한 모델로 사용이 가능할 것으로 보이며, 터미널 전체 생산성 향상에 도움을 줄 것으로 기대된다.

향후 연구에는 본 연구에서 고려한 작업을 수정해야하는 상황 이외에 보다 특수한 상황에 대한 계획의 수정방법 및 이에 따르는 보다 세부적인 계획 수정 규칙과 문제의 정의가 이루어져야 하겠다.

참 고 문 헌

- [1] 김갑환, 김기영, 고창성(1997), "컨테이너 터미널에서의 수출컨테이너의 적하순서문제의 수학적 모델" 한국생산관리학회지 제8권 제2호, pp. 93-111.
- [2] 신재영, 남기찬(1998), "컨테이너 선박의 자동 적재 계획을 위한 지능형 의사결정 지원 시스템", 한국항만학회지 제16권 제2호, pp. 29-37.
- [3] 신재영, 이광인, 하태영(1998), "컨테이너 선적을 위한 켄트리 크레인 작업 스케줄링" 한국해양대학교 부설 물류연구센터 논문집 2집.
- [4] 이광인(1998), "컨테이너 선적 계획을 위한 통합의사결정 지원시스템", 석사학위논문.
- [5] 신재영, 박규석, 남기찬(1999), "효율적인 컨테이너 터미널 선적 계획을 위한 의사 결정 지원 시스템" 한국항만학회지 제2권 제13호, pp. 1-12.
- [6] 김갑환, 류광렬, 박영만, 강진수, 이용환(2000), "Meta-heuristic 기법을 이용한 2단계 컨테이너 적하계획 알고리즘", 대한산업공학회/한국경영과학회 2000 춘계공동학술대회 논문집, pp. 9-12.

- [7] 하태영(2000), "효율적인 하역장비 운용을 위한 컨테이너 터미널 선적 계획시스템", 석사학위논문.
- [8] 박영만(2002), "컨테이너 터미널의 선석 및 크레인 일정 계획", 박사학위논문.
- [9] Akio Imai, Kazuya Sasaki, Etsuko Nishimura, Stratos Paapadimitriou(2006), "Multi-objective simultaneous stowage and load planning for a container ship with container rehandle in yard stacks", *European Journal of Operational Research*, Vol. 171, pp. 373-389.
- [11] Kim, K. H. (2004), "A crane scheduling method for port container terminals", *European Journal of Operational Research*, Vol. 156, pp. 752-768.
- [10] Kim, K. H. (2003), "Sequencing delivery and receiving operations for yard cranes in port container terminals", *International Journal of Production Economics*, Vol. 84, pp. 283-292.

원고접수일 : 2006년 6월 13일

원고채택일 : 2006년 9월 5일