

계층적 클러스터링 방법을 통한 컨테이너 적재순서 결정 방법

홍 동희*

The Method of Container Loading Scheduling through Hierarchical Clustering

Dong-Hee Hong*

요 약

오늘날 컨테이너터미널의 운영방식의 변화를 통해 컨테이너터미널의 효율을 증대시키기 위한 대처방안에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 컨테이너터미널의 효율을 증대시키기 위해서는 적하계획 수립이 상당히 중요한 역할을 한다. 적하계획은 크게 적재의 위치를 결정하는 문제와 적재의 순서를 결정하는 문제로 나눌 수 있는데, 본 논문에서는 보다 효율적인 적재순서 결정 방안을 제시한다. 컨테이너 적재순서 결정 문제는 장치위치 및 운영 장비 등 여러 가지 경우의 수를 고려해야 하는 조합 최적화 문제이다. 컨테이너 적재순서를 결정하는 기존의 클러스터 구성방식은 재처리 문제로 작업의 효율성을 높이는데 한계가 있다. 따라서 선적지시서와 야드맵을 기초로 동일한 속성을 가진 컨테이너들을 계층적 클러스터링 방법을 적용하여 스택단위의 클러스터로 구성하고, 작업순서의 제약을 정의하는 보다 효율적인 컨테이너 적재순서 결정 방법을 제안한다. 그 과정에서 작업순서 제약을 정의함으로써 클러스터간의 가능한 작업경로를 파악할 수 있고, 작업경로에 대한 제약적 탐색이 가능하여 기존의 방식에 비해 탐색효율이 증가됨을 알 수 있다.

Abstract

Recently, the container terminal requires the study of method to increase efficiency through change of its operation method. Loading plan is a very important part to increase the efficiency of container terminal. Loading plan is largely divided into two cases, deciding loading location and loading scheduling and this paper proposes a more efficient method of container loading scheduling. Container loading scheduling is a problem of combination optimization to consider several items of loading location and operation equipments, etc. An existing method of cluster composition that decides the order of container loading scheduling has a restriction to increase the efficiency of work owing to rehandling problem. Therefore, we propose a more efficient method of container loading scheduling which composes containers with identical attribution, based on ship loading list and yard map, into stack units of cluster, applying to hierarchical clustering method, and defines the restriction of working order. In this process, we can see a possible working path among clusters by defining the restriction of working order and search efficiency will be increased because of restricted search for working path.

▶ Keyword : container, loading plan, loading scheduling, cluster, rehandling, hierarchical clustering

• 제1저자 : 홍동희
• 접수일 : 2005.01.08, 심사완료일 : 2005.02.28
* 동원대학 e-비즈니스과 겸임교수

I. 서론

컨테이너 터미널의 효율을 높이는 과정의 하나인 적하계획 중에서 수출 컨테이너의 적재순서를 결정하는 문제는 선박 내의 컨테이너 위치와 야드 내의 컨테이너 위치 및 운영 장비 등이 고려되어야 한다. 위치와 운영 장비 등을 고려하여 적재순서를 결정하는 과정은 여러 가지 경우의 수를 계산해야 하는 조합최적화문제라 할 수 있다. 적하계획은 크게 적재위치를 결정하는 문제와 적재순서를 결정하는 문제로 나눌 수 있는데(1), 본 논문에서는 적재순서에 대한 최적화 방안을 제시하고자 한다. 따라서 본 논문에서는 기존의 선박과 야드 클러스터 단위의 적하계획 수립 방법을 기반으로 재처리를 줄일 수 있는 계층적 클러스터링 방법을 적용한다. 먼저 선박과 야드 클러스터간의 관계를 클러스터 구성과정에서 결정하여 해의 범위를 줄인다. 그리고 유전자 알고리즘을 이용하여 가능해 내에서 최적해를 구한다.

II. 관련연구

적하계획에 대한 연구는 여러 방법에 의해 연구되어졌는데, 수학적 접근방법, 휴리스틱을 이용한 접근방법, 메타 휴리스틱을 이용한 접근방법 등을 이용하였다. 수학적 접근방법은 Cho(2)에 의해서 제시되었는데, 정수 계획법을 이용한 수학적 모델을 제시하였다. 하지만 실질적인 문제크기에 따라 계산량이 기하급수적으로 늘어나기 때문에 대규모의 계획에는 적용하기가 힘들다. 휴리스틱을 이용한 접근방법은 Avriel과 Penn(3)이 직사각형의 Hetch가 없는 하나의 배이를 대상으로 하여 계산시간이 오래 걸리는 적하계획 과정을 간단한 휴리스틱 기법으로 빠른 시간에 답을 찾을 수 있게 했으며, 오직 재취급 횟수를 줄일 수 있는 방법을 제시하였다. Wilson, Roach 및 Ware(4)(5)는 적하계획을 위한 정확한 해를 찾는 데에 계산적인 어려움을 극복하

기 위해, 일반화된 컨테이너들을 블록화된 장치장에 할당하고, Hatch에 대응하는 슬롯들을 함께 그룹화하는 전략계획 과정과 특정의 컨테이너들이 전략적 계획 단계동안 결정된 블록 안에 특정 슬롯에 할당하는 전술계획과정으로 나누어, 전략계획과정에서는 분지한계법을 사용하고, 전술계획과정에서는 타부 탐색을 이용하였다. 강기중, 이철영(6)은 컨테이너선의 적하계획 수립을 위하여 선박의 복원성과 야드 컨테이너의 기대 재취급 횟수를 최소화 하는 정수계획 모형을 제시하였다. 분지한계법으로 초기해를 구하고, 동적계획법을 이용하여 제시된 모형의 최적해를 도출하였다. 강준규, 김영대(7)는 배의 안정성을 유지하는 동시에 적하와 양하에 필요한 시간을 최소화 하는 배의 화물배열을 찾아내기 위해, Hatch에 컨테이너 그룹을 할당하는 방법과, 각 슬롯에 개별의 컨테이너를 할당하는 두 단계로 나누어 해를 찾았다. 메타 휴리스틱을 이용한 접근 방법은 김여근, 윤복식, 이상복(8)과 이용환(9), 그리고 류광렬(10)에 의해 선박과 야드의 클러스터 단위로 적하계획을 수립하는 방법을 제시하였는데, 개미알고리즘과 타부탐색을 이용하여 해를 도출하였다. 김갑환(11)은 탐색공간의 수를 줄이기 위해 각 단계마다 불필요한 노드를 제거한 후 계속 탐색해 나가는 필터링 탐색법에 의해 해를 도출 하였다.

III. 클러스터 단위의 적재순서

3.1 선박 클러스터 구성

기존 클러스터 단위의 적재순서에 있어서 선박 클러스터 구성 방법은 다음의 그림 1과 같다.

(그림 1)은 클러스터 분할의 예를 보여주고 있다. 그림 1(a)를 보면 클러스터A와 클러스터C는 동일한 선박 배이에 위치하고, 동일한 특성을 가졌지만 슬롯의 위치가 다르므로 A와 C그룹으로 분리된다. 클러스터A는 그림 1(c)의 6의 작업이 완료되어야 클러스터A의 작업이 가능하므로 1과 2로 분리하여 작업순서의 제약을 완화하였다. 작업순서의 유연성을 위하여 그림 1(b)에서는 행단위로 모든 클러스터를 구분하였다. 그림 1(c) 단계에서는 행단위로 분리된 클러스터c와 클러스터d 그리고 클러스터h와 클러스터i를 병합하였는데, c와 d가 동일한 특성을 가지고, h와 i가 동일한 특성

을 가지므로 하나의 작업단위 구성하였다. 최종적으로 (그림 1(c))와 같이 선박 클러스터가 결정되어진다.

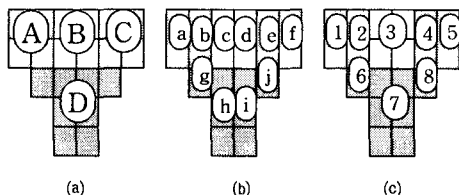
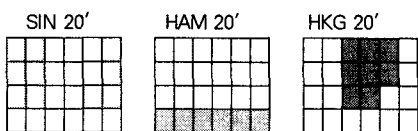


그림 1. 선박 클러스터 분할 방법
Fig. 1 Division Method of Ship's Cluster

3.2 야드 클러스터 구성

기존 클러스터 단위의 적재순서에 있어서 야드 클러스터 구성 방법[12]은 다음과 같다.



yard-bay 8/block 1 yard-bay 8/block 1 yard-bay 10/block 1
그림 2. 여러 가지 야드 클러스터의 구성
Fig. 2 Structure of Various Yard's Cluster

(그림 2)는 각 야드 베이²⁾의 클러스터 구성을 보여주고 있다. 각 클러스터는 동일한 특성을 가진 컨테이너들로 구성되어 있다.

IV. 계층적 클러스터링을 통한 적재순서

4.1 계층적 클러스터링 방법

클러스터링 알고리즘은 각 데이터의 유사성에 근거하여 데이터들을 그룹화하며 같은 그룹 내의 데이터가 높은 유사도를 가지면 다른 그룹 내의 데이터와는 낮은 유사도를 가지도록 한다. 높은 유사도를 가진 각각의 그룹을 클러스터라 한다. 클러스터링 방법은 크게 계층적 클러스터링, 분할 클러스터링, 중복 클러스터링 등으로 나눌 수 있는데 본 논

문에서는 계층적 클러스터링 방법을 적용한다.

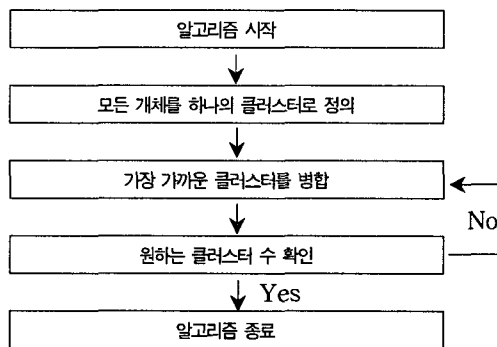


그림 3. 계층적 클러스터링 알고리즘
Fig. 3 Hierarchical Clustering Algorithm

4.2 계층적 클러스터링을 이용한 선박 클러스터 구성

x	T	K	K	S	x	C	C	x
x	T	K	K	S	x	B	B	x
x	H	H	S	x	x	x	x	x
	H	H	S	x	x	x	x	

그림 4. 선박 홀드 구조
Fig. 4 Structure of Ship's Hold

(그림 4)는 선박의 홀드³⁾ 구조를 나타내고 있다. 홀드내의 각각의 컨테이너는 집단적 처리를 위해 클러스터를 구성한다. 선박 클러스터를 구성하기 위해 계층적 클러스터링 방법을 이용하여 클러스터의 위치를 정의한다. 그리고 정의된 위치 정보를 이용, 거리를 산출하여 클러스터를 병합하고, 각 클러스터의 x 좌표 값과 y 좌표 값을 구한다.

$$sx = ss + 4 \quad (\text{식4.1})$$

$$sy = st + so + sw \quad (\text{식4.2})$$

$$sd_{ij} = \sqrt{(sx_i - sx_j)^2 + (sy_i - sy_j)^2}$$

s.t

(식 4.3)
$$sz_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } sd_{ij} = 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

ss : 선박 베이 내의 스택의 수치 값

2) 야드는 블록(block)*베이(bay)*로우(row)*스택(stack)으로 컨테이너가 적재함

3) 선박의 선체 밑이 홀드(hole)이며, 선체 위가 데크(deck)임

- st : 선박 베이 내의 티어의 수치 값
- so : 컨테이너의 목적지의 수치 값
- sw : 컨테이너의 크기의 수치 값
- i, j : 각각의 클러스터
- sd_{ij} : 선박 클러스터 간의 거리
- sz_{ij} : 두 클러스터의 병합여부

[식4.1]은 스택의 수치 값에 4를 더하여 x좌표 값을 정의한다. [식4.2]는 컨테이너의 목적지, 크기, 스택위치에 대한 수치 값을 더하여 y좌표를 정의한다. 수출 컨테이너 거리를 [식4.3]을 이용하여 구한다. sz_{ij} 는 클러스터링 과정 중에 스택단위로 클러스터링을 하기 위한 제약식이다. 제약식에 의해 클러스터간의 거리가 1일 때만 병합한다.

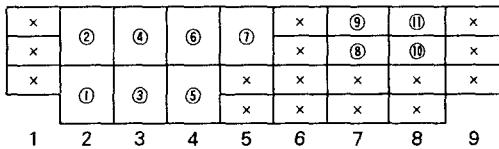


그림 5. 클러스터가 구성된 선박 홀드
Fig. 5 Composed Cluster in Ship's Hold

(그림 5)는 계층적 클러스터링을 수행한 이후의 클러스터가 구성된 홀드의 모습을 보여주고 있다. 클러스터의 번호 부여는 스택의 순으로 부여를 하는데, 아래 클러스터부터 차례로 번호를 부여한다. 전체적으로 11개의 클러스터가 구성되어 갔다. 클러스터의 작업은 스택내의 위치에 따라 작업순위가 부여된다. 예를 들어 ①번 클러스터는 작업순위 1순위가 되고, ②번 클러스터는 작업순위 2순위가 된다. 다른 클러스터도 마찬가지로 이와 같이 정의한다. 아래 <표 1>은 선박 클러스터의 스택별 작업 순서 표를 나타낸 것이다.

표 1. 선박 클러스터 작업 순서표
Tab. 1 Working Schedule List of Ship's Cluster

스택번호	2	3	4	5	7	8
클러스터	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪					
목적지	H T H K S K S B C B C					
컨테이너수	2 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1					
작업순위	1 2 1 2 1 2 1 1 2 1 2					

4.3 계층적 클러스터링을 이용한 야드 클러스터 구성

(그림 5)는 야드의 특정 베이의 구조를 나타낸 것이다. 야드 클러스터도 선박 클러스터와 같이 집단적으로 처리되어지기 위해 클러스터로 구성될 필요가 있다. 선박 클러스터와 마찬가지로 클러스터 구성은 스택을 중심으로 이루어진다. 클러스터를 구성하기 위해 선박 클러스터와 마찬가지로 계층적 클러스터링을 이용하며, 좌표 값을 산출하여 클러스터링을 한다.

K	T	S	K	H	C
H	K	S	S	H	C
H	S	K	T	x	B
x	x	x	x	x	B

그림 6. 야드 구조
Fig. 6 Structure of Yard's Bay

$$yx = ys + 4 \text{ (식4.4)}$$

$$yy = yt + yo + yw \text{ (식4.5)}$$

$$yd_{ij} = \sqrt{(yx_k - yx_l)^2 + (yy_l - yy_l)^2} \text{ (식4.6)}$$

s.t

$$z_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } yd_{ij} = 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

ys : 야드 베이 내의 스택의 수치값

yt : 야드 베이 내의 티어의 수치값

yo : 컨테이너의 목적지의 수치값

yw : 컨테이너의 크기의 수치값

k, l : 각각의 클러스터

yd_{kl} : 두 클러스터 간의 거리

yz_{kl} : 두 클러스터의 병합여부

[식4.4]는 야드 스택의 수치 값에 4를 더하여 x좌표 값을 정의한다. 식4.5는 컨테이너의 목적지, 크기, 스택위치에 대한 수치 값을 더하여 y좌표를 정의한다. 수출 컨테이너 거리를 식4.6을 이용하여 구한다. yz_{kl} 는 클러스터링 과정 중에 스택단위로 클러스터링을 하기 위한 제약식이다. 제약

식에 의해 클러스터간의 거리가 1일 때만 병합한다.

(그림 7)은 계층적 클러스터링을 수행한 이후의 야드 클러스터가 구성된 야드의 모습이다. 클러스터의 번호부여는 스택 순서에 따라 부여하는데, 선박 클러스터 번호와 반대로 위쪽의 클러스터부터 차례로 번호를 부여한다. 배의 작업순서는 선박의 작업순서와 역순이기 때문이다. 전체적으로 13개의 야드 클러스터가 구성되어 졌다. 클러스터의 작업은 선박 클러스터처럼 스택내의 위치에 따라 작업순위가 부여된다. 예를 들어 ①번 클러스터는 작업순위 1순위가 되고, ②번 클러스터는 작업순위 2순위가 된다. 다른 클러스터도 마찬가지로 이와 같이 정의한다.

①	③	⑥	⑧	⑪	⑫
②	④	⑦	⑨	x	⑬
x	x	x	x	x	

그림 7. 클러스터가 구성된 야드
Fig. 7 Composed Cluster in Yard

아래 <표 2>는 야드 클러스터의 스택별 작업 순서 표를 나타내고 있다.

표 2. 야드 클러스터 작업순서표
Tab. 2 Working Schedule List of Yard's Cluster

스택번호	1	2	3	4	5	6
클러스터번호	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬					
목적지	K H T K S S K K S T H C B					
컨테이너수	1 2 1 1 1 2 1 1 1 1 2 2 2					
작업순위	1 2 1 2 3 1 2 1 2 3 1 1 2					

4.4 선박 및 야드 클러스터 재구성

선박과 야드 클러스터의 재구성은 각 클러스터 내의 컨테이너 수를 조정하기 위한 것이다. 재구성하는 목적은 클러스터간의 작업순서 제약을 얻기 위함이다. 클러스터 재구성을 위해서 두 단계의 과정을 이용하여 선박 클러스터와 야드 클러스터의 짝을 지어준다. 첫 번째 단계는 아래와 같은 규칙으로 짝을 지어준다.

- ① 순서가 동일하고 클러스터 내 컨테이너 개수가 동일한 경우
- ② 순서가 동일하고 클러스터 내 컨테이너 개수가 틀린

경우 : 순서의 변화는 없으며, 컨테이너 개수가 많은 클러스터를 분할한다.

- ③ 순서가 틀리고 클러스터 내 컨테이너 개수가 동일한 경우 : 순서가 높은 클러스터의 순서를 낮춘다. 클러스터 내 개수는 변하지 않는다.
- ④ 순서가 틀리고 클러스터 내 컨테이너 개수가 틀린 경우 : 순서가 높은 클러스터의 순서를 낮추고, 개수가 많은 클러스터를 분할한다.

첫 번째 단계를 통해 선박 클러스터와 야드 클러스터의 관계를 맺은 다음 제약행렬을 작성해보면 재처리 발생 여부를 알 수 있다. 발생한 재처리는 두 가지 경우가 있는데 첫 번째 과정에서 선박과 야드 클러스터간에 짝이 잘 못 맺어진 경우와 재처리를 더 이상 제거 할 수 없는 경우가 있다. 클러스터간의 짝이 올바르게 맺어지지 않은 경우를 제거하기 위해 두 번째 단계에서는 스택내의 작업순서를 따져보고 동일한 순서, 목적, 수량을 가진 클러스터와 교환하여 재처리를 제거 할 수 있다.

선박 및 야드 클러스터 구성과 클러스터 재구성 과정에서 클러스터의 작업순위와 개수 등을 고려하여 각 클러스터의 짝을 맺음으로 해서 선박에 장치될 컨테이너는 야드의 특정 클러스터 내에서 가져와야 된다는 것은 알 수 있다. 야드 클러스터의 재구성이 완료되면 선박 및 야드 클러스터간의 위치가 틀리므로 클러스터간의 작업우선관계를 정의할 필요가 있다. 우선 클러스터간의 관계를 살펴보면 클러스터 ⑧과 ⑨, ⑩과 ⑪는 선박과 야드 상의 컨테이너의 배치에 따라 작업의 우선순위를 결정할 수 없는 상황이 발생한다. 이때는 다음과 같이 두 가지 경우를 고려해야 한다.

- ① 선적지시서의 컨테이너 위치를 가능한 범위 내에서 조정한다.
- ② 컨테이너 작업순서 결정시 재처리를 감안한다.

표 3. 선박과 야드 클러스터 작업순서표

Tab. 3 Working Schedule List of Ship's and Yard's Cluster

선박클러스터	①	②	②'	③	④	④'	⑤	⑥	⑥'	⑦	⑦'	⑧	⑨	⑩	⑪
야드클러스터	⑪	③	⑩	②	④	⑦	⑥	①	⑧	⑨	⑤	⑬	⑭	⑮	⑯
목적지	H	T	T	H	K	K	S	K	K	S	S	B	C	B	C
컨테이너 수	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
선박클러스터	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	1	1	2	1	2
작업순위															
야드클러스터	1	1	3	2	2	2	1	1	1	2	3	2	1	2	1
작업순위															
최종클러스터	1	2	3	2	2	2	1	2	2	2	3	2	2	2	2
작업순위															

표 4. 클러스터 위치 교환 후 클러스터 관계

Tab. 4 Ship's and Yard's Cluster after Cluster Exchange

선박클러스터	①	②	②'	③	④	④'	⑤	⑥	⑥'	⑦	⑦'	⑩	⑨	⑩	⑧
야드클러스터	⑪	③	⑩	②	④	⑦	⑥	①	⑧	⑨	⑤	⑬	⑭	⑮	⑯
목적지	H	T	T	H	K	K	S	K	K	S	S	C	C	B	B
컨테이너 수	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
선박클러스터	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2	2	1	1
작업순위															
야드클러스터	1	1	3	2	2	2	1	1	1	2	3	1	1	2	2
작업순위															
최종클러스터	1	2	3	2	2	2	1	2	2	2	3	2	2	2	2
작업순위															

〈표 3〉의 경우 클러스터 ⑧번과 ⑩번의 위치를 교환하면 선박 클러스터측면에서 다른 스택으로 이동되어지므로 서로 간의 우선순위가 없어지기 때문에 야드 상의 순서만 고려하면 된다. 다음의 표 4는 클러스터 위치를 교환한 후의 클러스터 관계를 나타낸 것이다.

V. 실험 및 결과

5.1 실험 내용

본 실험은 조합최적화 문제인 선박의 적재순서 결정에 있어서 기존에 제안된 클러스터 구성방법과 본 논문에서 제시한 계층적 클러스터링 방법을 사용하여 각각의 클러스터를 구성한 다음 최적화 탐색에 적용했을 때 탐색된 해의 질과 탐색시간 등을 비교하기 위한 것이다. 실험장비는 Pentium4 2.4G를 기반으로 하였으며, 사용 언어는 C++를 사용하였다.

본 논문에서 제시한 계층적 클러스터링 방법은 기존의 클러스터 구성방법과 초기과정은 동일하나 그 이후에는 클러스터 구성과정을 변형하고 추가하였다. 탐색된 해의 질에 대한 평가는 선박과 야드의 클러스터링 이후에 선박과 야드의 작업순서와 클러스터 개수를 고려하여 계층적 클러스터링 방법을 이용하여 클러스터를 재구성한 후에 해를 탐색했을 경우와 기존의 클러스터 구성방법을 적용하여 해를 탐색했을 경우를 비교한 것이다. 선박과 야드의 클러스터 개수와 선박 클러스터의 작업순서 고려시 야드 클러스터의 작업순서를 고려하여 전체 클러스터의 작업순서를 결정하므로 해의 탐색 범위가 순서에 의해 제약을 받는다.

5.2 실험 방법

실험방법은 기존의 클러스터 구성방법과 본 논문에서 제안한 계층적 클러스터링 방법에 대해 동일하게 유전자 알고리즘을 적용하여 탐색결과를 비교하였다. 모집단의 크기는 제약순서를 고려하여 랜덤하게 생성된 경로 100개로 하였으며 유전연산자 중에서 교차율은 0.6, 돌연변이율은 0.05로 하였다.

해의 질의 평가는 기존 방법의 경우 적재순서에 제약이 없으므로 순서에 따라 재처리를 감안하였으나 본 논문에서 제안한 방법은 재처리가 발생하지 않는 적재순서 내에서 평가를 하였다. 탐색시간에 대한 비교는 해의 질을 고려하여 평가하였다. 기존의 방법에서는 재처리가 발생했을 경우 스택내의 작업할 컨테이너 그룹 수에 따라 패널티를 부여하였다. 특정클러스터를 작업하는 데 상위에 클러스터가 존재

할 경우 클러스터의 개수만큼의 페널티를 부과한다. 존재하는 클러스터가 하나이면 1을, 두개이면 2를 부과한 것이다.

5.3 실험 결과

다음의 그림 8은 클러스터를 기존의 방법(■)과 제안된 방법(●)으로 구성하고, 유전자 알고리즘으로 최적해를 탐색하였을 때의 결과를 나타낸 것이다. x축의 값은 세대를 나타내며, y축은 탐색된 해의 값을 나타내는 것으로서 야드의 장비가 이동한 거리를 나타낸다. 기존 방법의 경우 각 세대별로 최적해를 찾아가는 과정에 페널티로 인한 해의 질이 떨어지는 것을 확인할 수 있다.

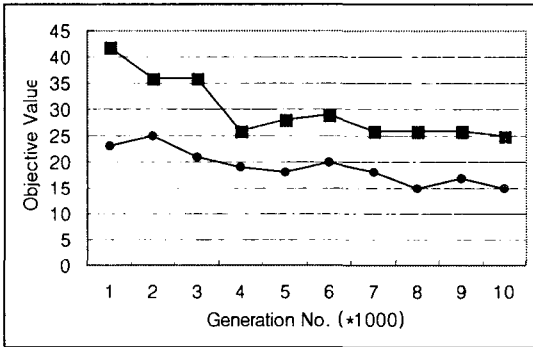


그림 8. 세대수 100일 때의 탐색결과
Fig. 8 Search Result(Generation=100)

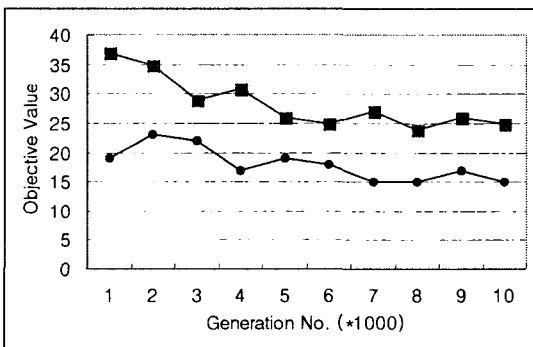


그림 9. 세대수 300일 때의 탐색결과
Fig. 9 Search Result(Generation=300)

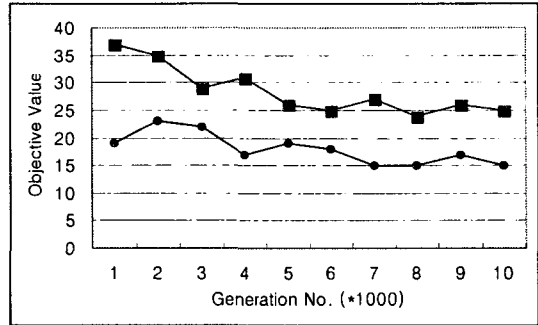


그림 10. 세대수 600일 때의 탐색결과
Fig. 10 Search Result(Generation=600)

(그림 9)와 (그림 10)은 세대수를 300과 600으로 했을 때의 결과를 나타낸 것이다. 세대수를 증가했을 때 해의 질은 개선되었으며, 기존 방법의 경우 세대수 300과 600에서도 최적해를 찾아가는 과정에 페널티로 인한 해의 질이 떨어지는 것을 확인할 수 있다.

VI. 결론

컨테이너 터미널에서 보다 효율적인 적하계획 수립을 위한 방법을 제시하였다. 적하계획 수립은 선적지시서, QC4)의 작업계획서, 야드맵, 선적지시서사내의 컨테이너 위치 및 야드맵 상의 컨테이너 위치 등을 고려해야 하므로 계획수립 과정 중에 컨테이너의 작업순서를 고려해야 하는 조합최적화 문제이다. 적하계획 수립은 해의 범위가 넓고, 여러 가지 제약요소가 많으므로 효율적인 계획 수립이 어렵다. 따라서 적하계획을 효율적으로 수립하기 위한 가장 일반적인 방법이 기존의 방법으로 동일한 특성을 가진 컨테이너를 하나의 클러스터 단위로 보고 클러스터 단위의 작업순서를 결정하는 것이다. 그러나 이러한 클러스터 단위의 컨테이너 적재순서결정 방법은 재처리 문제로 인하여 효율성이 떨어지는 문제점이 있어 이를 개선시키기 위해 계층적 클러스터링 방법을 적용하였다. 즉 각각 스택 단위의 클러스터를 구성하고 선박 클러스터와 야드 클러스터간의 목적지, 작업순서,

4) Quay Crane으로 접안한 선박에 컨테이너를 싣고(적하) 내리는(양하) 작업을 담당하는 크레인을 말함

클러스터 내 컨테이너의 개수 등을 고려하여 관계를 정의하였다. 그 과정에서 컨테이너 작업시 발생하는 재처리 여부를 알 수 있었으며, 클러스터간의 작업순서 제약도 정의할 수 있었다. 또한 작업순서 제약을 정의함으로써 클러스터간의 가능한 작업경로를 알 수가 있어 작업경로에 대한 제약적 탐색이 가능하여 탐색효율이 증가됨을 알 수 있었다.

향후 컨테이너 터미널의 효율을 보다 더 높이기 위해서는 야드의 장비를 각 작업순서에 어떻게 배분할 것인가의 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

[1] 이상완, 최형림, 박남규, 김현수, 박병주, 노진화, "컨테이너 적하계획을 위한 유전 알고리즘", 한국창조공학회, 제35권, 제2호, 2002.

[2] Cho, D. W., Development of a Methodology for Containership Load Planning. Ph.D. Thesis, Oregon State University, 1982.

[3] M. Avriel, M. Penn, N. Shpirer and S. Witteboon, "Stowage planning for container ships to reduce the number of shifts", Annals of Operations research, 76, pp.55-71, 1998

[4] I.D. WILSON, P.A. ROACH and J.A. Ware, "Container stowage pre-planning: using search to generate solutions, a case study", Knowledge-Based Systems, 14, pp.187-145, 2001.

[5] I.D. WILSON, P.A. ROACH "Principles of Combinatorial Optimization Applied to Container-Ship Stowage Planning", Journal of Heuristics, 14, pp.403-418, 1999.

[6] 강기중, 이철영, "컨테이너선의 적재계획에 관한 연구", 한국 항만학회지, Vol14-4, pp.1-15, 1990.

[7] J. G. Kang, Y. D. Kim, "Stowage Planning in Maritime Container Transportation", Master Thesis, Kaist, 2000

[8] 김여근, 윤복식, 이상복, "메타휴리스틱 유전알고리즘·시뮬레이티드 어닐링·타부서치", 영지문화사, pp.3-123, 2002.

[9] 이용환, "메타휴리스틱 기법을 이용한 컨테이너 적하 계획 시스템", 석사학위논문, 부산대학교, 2001.

[10] K. R. Ryu, *K.H.Kim, Y.H Lee, Y.M.Park "Load Sequencing Algorithms for Container Ships by Using metaheuristics", ICPR-16, 2001

[11] 김갑환, "컨테이너 터미널의 효율적 운영을 위한 의사결정지원시스템", [부산대학교 생산기술논문집], 제55집, pp.297-310, 1998.

[12] 홍동희, "우리나라에 적합한 자동화터미널의 운영시스템 모델 설계", 한국컴퓨터정보학회논문지, 제7권, 제1호, 2002.

[13] 황준하, "반복적 개선 탐색을 이용한 최적 선석 및 크레인 일정 계획", 한국컴퓨터정보학회논문지, 제9권, 제4호, 2004.

저자소개



홍 동 희

1981 홍익대학교 전자계산학과 (이학사)
 1987 연세대학교 산업대학원 산업공학과(공학석사)
 2003 경희대학교 대학원 전자계산공학과(공학박사)
 1987~1999 한국해양수산개발원 정보시스템연구실 책임연구원
 2000~현재 동원대학 e-비즈니스과 겸임교수
 (주)메직아이비부설연구소장