

## 컨테이너 3차원 적재문제

배민주\* · 최세경\* · 김환성\*\*

\*한국해양대학교 대학원 물류시스템공학과, \*\*한국해양대학교 물류시스템공학과

## Three-Dimensional Container Packing Problem

Min-Ju Bae\* · Se-Kyoung Choi\* · Hwan-Seong Kim\*\*

\*Graduate school of National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

\*\*Logistics Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**요약** : 본 논문에서는 다양한 종류와 다양한 크기의 화물에 대해 3차원 적재하는 방법으로서 휴리스틱 기법을 이용한 해법을 제안하였다. 먼저, 컨테이너 비용을 적재비용, 수송비용 및 처리비용의 합으로 나타내며, 화물간 우선순위 및 화물 내에서의 개수 간 우선순위를 적용하였다. 주어진 화물을 적재 공간 및 중량을 만족하면서 위의 컨테이너 비용을 최소화하는 컨테이너 종류 및 개수를 산출하였으며, 적재 시 화물의 팔레타이저 및 디팔레타이저로서 컨테이너 내의 공간 이용률을 극대화시켰다. 마지막으로 화물의 무게 균등화를 고려하여 취급중의 화물의 손상방지를 행하였다.

**핵심용어** : 컨테이너 3차원 적재, 팔레타이저, 디팔레타이저, 적재 우선순위, 하중 균등화 문제, 발전적 기법

**ABSTRACT** : In this paper, we propose a new heuristic solution for 3D container packing problem for the variable size and the variable kind of freights. First we consider the total cost of container charges, i.e., loading, transportation and handling charges, where the priority of each freights are dealt. By minimizing the total cost of container charges, the kinds of container and its number can be decided automatically. From these factors, we can determine the position in the container and the loading sequence into the container. Finally, by equivalence of freight's weight in container, we can prevent the freight's damage on the handling.

**KEY WORDS** : 3D Container Packing Problem, Palletizer, Depalletizer, Loading Priority, Loading Balance Problem, Heuristic Approach

### 1. 서 론

최근 화물 수송에 있어 컨테이너는 육상, 해상 및 항공 등의 광범위한 수송경로에서 필수적으로 이용되고 있다. 또한, 컨테이너는 보관, 하역 및 유통 등의 물류관리차원에서 그 유용성을 인정받고 있다.

특히, 수출·입 화물의 수송에 있어 컨테이너는 취급이 용이한 중요 수송단위이므로 효율적 활용방안에 대한 연구가 다방면에서 이루어지고 있다.

수출 컨테이너에 다품종 소량 화물을 적재하여 운반하는 경우, 몇 종류의 화물을 어떻게 컨테이너 내에 적재할 것인가에 따라 컨테이너의 유효 공간 활용을 최대화시킬 수 있으며, 이는 직접적으로 컨테이너 운반비용을 최소화

하는 것으로 직결된다.

또한, 각 컨테이너에 어떤 순서로 다품종 화물을 적재할 것인가에 따라 컨테이너의 무게 분배가 이루어지며, 이는 화물 취급 안정성과 깊이 관련되어 배송 중의 화물의 손상을 유발시킬 수 있으므로 중요시해야 하는 항목이다.

현재까지의 컨테이너 화물적재에 관한 연구로서는 주로 Bin packing 문제를 2차원 및 3차원에서 다루었으나, 3차원 컨테이너 내 적재에는 크게 유용하지 못한 점이 많다.

이들 중에서 황<sup>[1]</sup> 등은 3차원 적재문제를 컴퓨터에 기초하여 쉽게 다룰 수 있는 프로그램 개발을 시도하였으며, Bortfeldt와 Gehring<sup>[2]</sup>는 상이한 크기의 박스를 하나의 컨테이너에 적재하는 문제를 Hybrid Genetic Algorithm으로 표현하였다.

또한, 최근에는 3D 적재문제에 관련된 연구들이 컨테이너 또는 Bin에 화물을 적재하는 것을 대상으로 하여 탐색적 기법을 이용해 왔으며, Lodi<sup>[3]</sup> 등은 3차원 적재문제를 TS 프레임에 휴리스틱기법을 적용한 새로운 알고리즘을

\*kaminadia@bada.hhu.ac.kr 011)9095-5181

\*j3058@hotmail.com 017)595-3058

\*\*중신회원, kimhs@hhu.ac.kr 051)410-4334

고안하였으며, Martello<sup>[4]</sup> 등은 3차원 적재문제로의 접근에 정확한 탐색을 시도하였다. 그러나 이들 연구들은 실제 적재문제와는 다소 상이한 내용으로서 이론적인 측면에 치우치는 경우가 많았다.

실제, 현장에서 컨테이너 내에 화물을 적재하는 경우는 팔레트화 된 제품과 비팔레트화 제품으로서 분류하여 취급하고 있으며, 적재 효율을 높이기 위해서 대부분 팔레트화 제품을 디팔레타이저화한 이후에 취급하고 있다.

따라서 본 연구에서도 종래의 연구 결과에 전체 비용을 최소화시키는 문제와 아울러 팔레타이저 및 디팔레타이저 화물 병행함으로써 컨테이너내의 적재 효율을 최대화 시키도록 한다. 또한, 컨테이너 무게의 균등화를 위해 컨테이너 내부 적재 공간을 단위 블록화 시킴으로써 무게 균등화를 쉽게 할 수 있도록 제안하였다.

먼저, 기존의 연구들을 바탕으로 3차원 공간으로 정의되는 컨테이너 내에 다양한 규격을 가진 박스, 팔레트, 나무상자 형태를 다루었으며, 각 화물 간에 우선순위와 함께 화물 내에서의 개수별로 우선순위를 두어서 전체 최적화에 유리하도록 하였다. 또한, 적재 물품 간 하중 분포의 균형화를 취하면서 무게 및 부피의 비율을 고려한 최적의 적재 방안을 제안하였다.

## 2. 연구 배경 및 가정

본 연구에서는 3차원 컨테이너 내에 화물을 효율적으로 적재하는 방안에 관한 것으로 종래의 연구 결과에 전체비용의 최소화와 팔레타이저 및 디팔레타이저를 고려한 적재방법에 관해 연구를 행하도록 한다.

### 2.1 연구 배경 및 가정

일반적으로 컨테이너는 한꺼번에 많은 화물을 일괄적으로 취급하기 위한 것으로 취급 및 운반 효율성을 높일 수 있어, 주로 장거리 화물 및 수출·입 화물에 널리 이용되고 있다.

수출·입 컨테이너 화물의 경우, 소규모 화물의 취급은 수출·입 화물 포워딩업체에 의뢰하여 여러 화주의 화물을 일괄적으로 다루고 있다. 또한, 대규모 화물을 수출·입하는 경우는 자사 제품창고에서 화물을 직접 컨테이너에 적재한다. 전자의 경우는 화주별 화물의 우선순위를 부여할 수 있으며, 후자의 경우는 제품별 또는 제품내의 개수 그룹별로 우선순위를 부여할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 화물의 우선순위가 주어지는 경우, 화물의 우선순위를 만족하는 범위 내에서 전체 비용이 최소화 되도록 컨테이너의 종류 및 개수를 선정하는 것이다. 또한 화물을 박스, 팔레트 및 나무상자로서 구체적으로 분류하며, 박스의 경우는 팔레트 및 날개 박스로 적재함으로써 적재 공간 효율성을 높이며 상적 허용 화물 및

상하회전 화물 등을 구분하여 다루도록 한다.

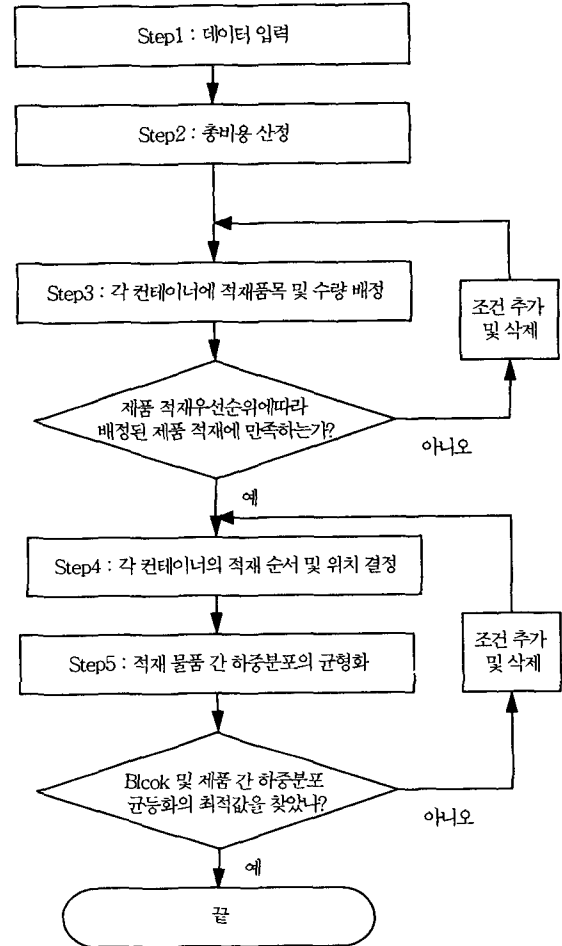


Fig. 1 Flowchart on Three-dimensional Container Packing Problem

본 연구는 다음과 같은 가정 하에 연구를 진행한다.

- (A1) 화물 적재단위는 개별박스, 팔레트, 나무상자로 분류한다.
- (A2) 팔레트는 표준 팔레트를 이용하며, 특수한 경우는 예외로 한다.
- (A3) 나무상자 종류 및 규격은 사전에 정해진다.
- (A4) 팔레트 높이는 제한되며, 최대 2단 적재만 허용한다.
- (A5) 나무상자위의 팔레트 적재는 허용하지 않는다.
- (A6) 나무상자위에 나무상자적재는 1단만 허용한다.
- (A7) 팔레트 및 나무상자의 상하회전은 허용하지 않는다.
- (A8) 박스는 상적을 기본 원칙으로 하되, 특별히 금지하는 경우도 있다.

- (A9) 모든 나무상자는 팔레트화 시킬 수 없으며 개별 취급한다.
- (A10) 모든 화물의 횡적은 허용하지 않는다.

2.2 연구의 기본 흐름

본 연구에서의 수행하는 절차는 Fig.1과 같이 나타낸다. 먼저, 수주 제품 데이터를 입력하여 화물의 총 부피 및 중량을 계산하고 이를 만족하는 컨테이너 종류 및 개수를 선정 할 수 있는 비용기준을 산정한다. 이때, 비용기준 산정시 화물의 우선순위 및 화물 내에서의 우선순위 절차에 의한다. 비용 기준에 근거로 산출 된 컨테이너 종류 및 개수를 구하며, 각 컨테이너에 적재될 품목 및 수량을 배정한다. 마지막으로 각 컨테이너에 적재 된 화물의 하중분포를 고려하여 컨테이너 무게 균등화를 위한 작업을 수행한다. 각 절차에 관한 구체적인 사항은 해당 부분에서 다룬다.

3. 3차원 적재 모델

3차원 적재 모델에서는 다음 4가지 단계로서 연구가 진행된다.

- 준비단계 : 화물의 기본데이터, 컨테이너 데이터 및 관련 장비 데이터 등을 입력한다.
- 총비용 산정 단계 :
  - 화물의 총 부피 및 중량 계산
  - 화물의 총 부피 및 중량 계산
  - 최소비용에 의한 컨테이너 종류 및 개수 선정
  - 총 컨테이너 유효 공간 이용 비율 산출
- 컨테이너의 적재 품목 및 수량 배정 단계 :
  - 컨테이너 적재 품목 우선순위 결정
  - 컨테이너 적재 품목 및 수량 배정
  - 컨테이너 유효 공간 이용 비율 산출
  - 컨테이너 유효 적재 중량 비율 산출
- 컨테이너의 화물의 적재 순서 및 위치 결정 단계
  - 무게 균등화에 의한 적재 순서 및 위치 결정
  - 컨테이너 무게 중심 산출

3.1 데이터 입력

본 연구에서 입력될 데이터로서 컨테이너는 표준규격에 의한 것으로 20ft, 40ft, 45ft를 대상으로 한다. 각 화물은 규격 및 중량을 기본 데이터로서 다루며, 팔레트화하는 경우의 팔레트의 종류와 팔레트 내에 적재될 최대 및 최소 단수를 입력한다.

이러한 데이터에 의해 팔레트화시의 최대 및 최소 단적시의 높이의 범위가 산출된다. 또한 박스의 규격 및 중량에 의해서 순수 총체적 비율 및 순수 총중량 비율을 계산

3.2 총비용 산정 모델

본 절에서는 전절의 기본 가정 (A1) ~ (A10)을 포함하며, 다음과 같이 비용에 관련된 가정을 추가한다.

- (A11) 컨테이너는 임대사용을 원칙으로 한다.
- (A12) 컨테이너의 비용은 컨테이너 크기에 따른 비용, 수송비용, 취급비용을 포함하며, 장치장 또는 야드 내의 보관비용은 포함시키지 않는다.
- (A13) 팔레트 비용 또는 임대비용은 포함시키지 않는다.
- (A14) 팔레트 취급비용은 고려하지 않는다.
- (A15) 화물의 적재 우선순위는 반드시 적재해야 하는 화물과 그렇지 않은 화물로서 분류하며, 화물의 개수에서도 반드시 적재해야 되는 화물과 그렇지 않은 화물로 분류하여 총 4가지 등급에 기초한다.

본 절에서의 총비용 산정 모델은 Fig. 2와 같은 흐름으로 나타낸다.

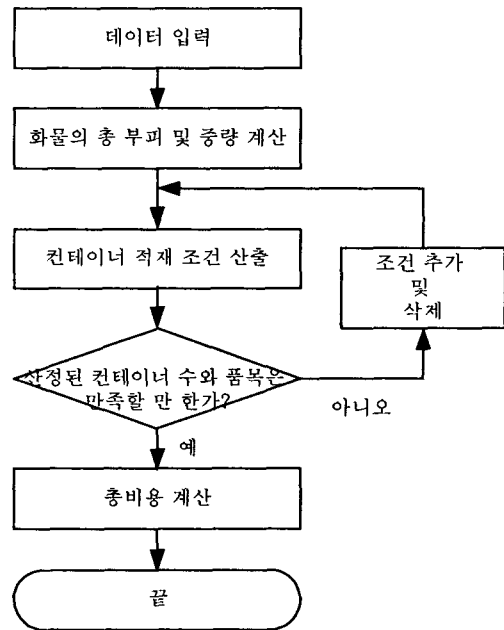


Fig. 2 Flowchart on Total Cost of Container Charge

먼저, 모든 수주 화물의 부피 및 중량을 더하여 화물의 총 부피 및 중량을 계산한다. 이때, 팔레트는 수주 화물에서 팔레트화 가능한 개수로 정하여 계산한다. 이 모델을 식으로 나타내면 아래와 같다.

$$D_T = \sum_{i=1}^n a_i b_i h_i m_i + \sum_{i=1}^n c_i m_i$$

(1)

$$W_T = \sum_{i=1}^n w_i m_i$$

(2)

단,

 $n$  : 적재 화물의 종류 $m_i$  :  $i$ 종 화물의 적재 개수 $w_i$  :  $i$ 종류 화물의 무게 $a_i$  : 화물의 가로길이 $b_i$  : 화물의 세로길이 $h_i$  : 화물의 높이 $c_i$  :  $i$ 종 화물의 팔레트 사용 시의 공간 $D_T$  : 적재화물의 총 부피 $W_T$  : 적재화물의 총 무게

(1)과 (2)식으로부터 계산된 적재 화물의 총 부피 및 무게를 만족하는 범위에서 이용되는 컨테이너의 종류 및 개수가 최소 비용이 되도록 컨테이너 종류 및 개수를 선정한다.

다음과 같이 변수를 정의하자.

 $\bar{W}_T$  : 각 컨테이너에 적재 가능한 총 무게 $\bar{D}_T$  : 각 컨테이너에 적재 가능한 총 부피 $k$  : 컨테이너 종류 $g_k$  :  $k$ 종 컨테이너의 개수 $d_k$  :  $k$ 종 컨테이너 적재 무게 $w_k$  :  $k$ 종 컨테이너 부피

위의 정의로부터 각 컨테이너에 적재 가능한 총 부피 및 무게는 다음과 같이 나타내어진다.

$$\bar{D}_T = \sum_{k=1}^k g_k d_k$$

(3)

$$\bar{W}_T = \sum_{k=1}^k g_k w_k$$

(4)

다음으로 컨테이너의 종류 및 사용 개수를 바탕으로 총 비용  $C_T$ 가 계산되며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C_T = \sum_{k=1}^k \text{cost}_{kc} g_k$$

(5)

여기서  $\text{cost}_{kc}$ 는  $k$ 종 컨테이너에 대한 비용을 나타낸다.

컨테이너 종류 및 개수 선정 모델에서 이에 대한 목적함수는 다음과 같이 나타내어지며, 목적함수를 최소가 되도록 각 컨테이너 종류에 대한 개수  $g_k$ 를 구하는 것이다.

목적함수

$$J_C = \min C_T$$

(6)

subject to

$$\bar{D}_T > D_T$$

(7)

$$\bar{W}_T > W_T$$

(8)

마지막 단계로 총 컨테이너의 유효 공간에 대한 총 화물의 적재 공간 비율을 나타내는 총 컨테이너의 유효 공간 이용 비율을 산출하는데, 컨테이너 유효 공간 이용비율  $D_e$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$D_e = \frac{D_T}{\bar{D}_T}$$

(9)

### 3.3 컨테이너 적재 모델

본 절에서는 총비용 모델에서 얻어진 결과로 컨테이너 적재 품목 및 수량을 배정해야 하며, 이 경우 적재 품목의 우선순위 결정이 선행되어야 한다. 적재 우선순위 등급은 가정 (A15)에 의해 결정되며, 화물 간에는 긴급과 보통으로 나뉘며, 화물내의 개수에 있어서도 긴급과 보통으로 나뉘어 총 4등급으로 분류된다.

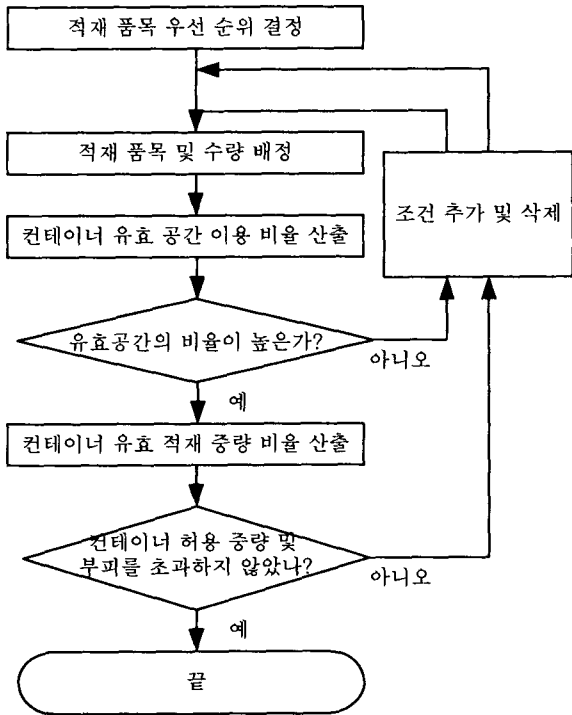


Fig. 3 Flowchart on Container Loading

컨테이너 적재를 위한 흐름도는 Fig.3과 같이 나타낸다.

컨테이너 적재 품목 및 수량 배정은 다음과 같이 진행된다. 먼저, 주된 개념으로서 (1)식과 (2)식에 의해 결정된 각 컨테이너에 대해 화물의 적재 품목 및 수량을 배정하는 것으로서 각 컨테이너마다 적재 화물의 무게 및 부피가 일치되도록 설정할 필요는 없으나, 컨테이너의 허용 중량 및 부피를 초과하지 않도록 배정한다.

이에 따른 기본원칙은 소량 화물의 디팔레타이저화 및 분산화하는 것으로서 다음 절차에 의한다.

- 1단계 : 각 컨테이너에 대해서 가능한 동일한 품목별로 배분하는 것을 원칙으로 하나, 이를 만족하지 않은 경우는 유사 크기 위주로 배분하도록 한다.
- 2단계 : 화물의 전체 부피가 큰 종류의 화물을 우선적으로 배정하며 나머지 공간에 가장 적합한 부피의 소규모 화물을 배정하도록 한다. 이때, 나머지 공간이 차 순위의 부피가 큰 화물 보다 크다고 하면 나머지 화물의 각각의 합이 나머지 공간에 가장 근접한 화물들을 선택하도록 한다.(이 경우는 화물의 적재 방식의 변경이 있는 경우에는 재차 고려할 필요가 있다)
- 3단계 : 2단계의 과정을 행할 때는 컨테이너 크기가 작은 사이즈부터 행하도록 한다.

- 4단계 : 모든 컨테이너에 전체 화물을 배정하여 공간 부족이 발생하는 경우에는 소규모 화물을 디팔레타이저 한 이후, 처음부터 다시 배정하도록 한다.

화물을 각 컨테이너에 배정하는 절차는 다음 단계에 따른다.

- 1단계 : 각 컨테이너에 대해 부피가 큰 단위화물을 우선순위에 따라 최하위층(바닥)에 배정한다. 이때 유사한 크기의 화물은 가능한 인접시킨다. 단, 컨테이너 공간이 있는 경우에 대해서는 공간이 허용하는 범위에서 이중적재 또는 다중적재를 행하도록 한다.
- 2단계 : 1단계 에서 상적 금지 화물에 대해서는 제외하도록 한다.
- 3단계 : 최하위층 적재 완료 이후, 2층 및 다층 적재의 경우에는 단계 1의 방법에 의해 나머지 화물에 대해서 적재를 반복하도록 한다. 이때, 단계 1에서 다중적재를 행한 부분에 대해서는 유사한 높이에 이를 때까지 적재를 행하지 아니한다.
- 4단계 : 3단계를 수행하는 경우 화물의 무게중심이 허용 한도 이상 벗어나지 않도록 적재를 행한다.
- 5단계 : 4단계를 수행 한 이후에는 박스 단위화물을 적합한 빈 공간에 배정한다. 이때 배정 원칙도 단계 1-4와 동일하게 행한다.
- 6단계 : 5단계에서 배정되지 않은 박스 단위 화물이 존재하는 경우에는, 마지막 팔레트 화물 단계로 되돌아가서 팔레트 화물을 디팔레타이저 한 후에 다음 단계를 계속하여 진행한다. 만일 이때에도 배정이 되지 않는 경우에는 이전 팔레트 화물을 계속적으로 디팔레타이저하여 배정이 이루어질 때까지 반복한다. 이때, 박스 단위 화물은 측방향 적재 및 횡적을 고려하도록 한다.
- 7단계 : 6단계에서 모든 팔레트 화물을 디팔레타이저 하여도 배정되지 않는 경우에는 상적 금지 화물이 지나치게 많거나 나무상자 단위 화물이 많은 경우 이므로 컨테이너 개수를 증가시킨 이후 단계 1부터 새롭게 시작한다.

컨테이너 유효 공간 이용 비율 산출은 각 컨테이너에 대한 적재 유효 공간에 대한 화물의 적재 공간 비율을 나타내는 것으로서 컨테이너  $i$ 종류인  $j$ 번째 컨테이너의 유효 공간 이용비율  $D_{ej}$ 은 다음과 같이 계산한다.

$$D_{ej} = \frac{D_{Tij}}{\overline{D}_{Ti}} \quad (10)$$

여기서  $D_{Tij}$  와  $\widetilde{D}_{Ti}$ 는  $i$ 종류인  $j$ 번째 컨테이너에 배정된 화물의 적재 공간 및  $i$ 종류 컨테이너의 적재 유효 공간을 나타낸다.

또한, 컨테이너 유효 적재 중량 비율 산출은 각 컨테이너의 유효 적재 중량에 대한 화물의 적재 중량 비율을 나타내는 것으로서 컨테이너  $i$ 종류인  $j$ 번째 컨테이너의 유효 적재 중량 비율  $W_{Tij}$ 는 다음과 같이 계산한다.

$$W_{Tij} = \frac{W_{Tij}}{\widetilde{W}_{Ti}} \quad (11)$$

여기서  $W_{Tij}$  와  $\widetilde{W}_{Ti}$ 는  $i$ 종류인  $j$ 번째 컨테이너에 배정된 화물의 적재 중량 및  $i$ 종류 컨테이너의 유효 적재 중량을 나타낸다.

3.4 하중분포의 균형화 모델

본 절에서는 컨테이너 하중 분포에 대한 균형화 모델에 관한 것으로서 우선 화물의 적재 순서 및 위치 결정에 대해서 다루도록 한다. Fig.4에 컨테이너 하중의 균형화를 위한 흐름도를 나타내고 있다.

적재 순서 및 위치결정을 위해서는 컨테이너 적재품목 및 수량 배정에 의해 각 컨테이너에 배정된 화물에 대해서 화물의 무게 중심이 허용 범위 내에 적재되도록 화물을 재배치하며, 화물의 위치를 결정하도록 한다.

이에 대한 기본원칙은 아래와 같다.

- 원칙1 : 각 컨테이너에 배정된 화물 내에서 재배치를 행한다.
- 원칙2 : 재배치를 행하는 경우는 단위 구간내의 적재된 모든 화물을 이동시키도록 한다.

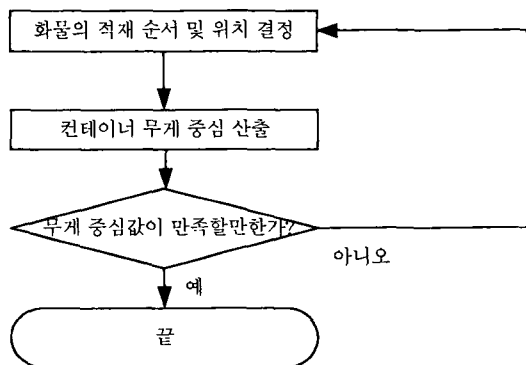


Fig. 4 Flowchart on equivalence of freight's weight

위의 원칙에 의해 재배정 단계는 다음과 같이 분류된다.

- 1단계 : 컨테이너 적재품목 및 수량 배정을 통한 배정된 화물에 대해서 컨테이너 무게중심을 산출한다.

- 2단계 : 컨테이너 내부를 팔레트, 나무상자 또는 박스 단위 등을 고려하여 큰 단위로 만든다.
- 3단계 : 무게 중심 비율을 허용 범위 내에 있도록 좌우의 단위 구간 내에 있는 모든 화물을 반복하여 변경시킨다.
- 4단계 : 3단계에서 무게 중심 비율이 허용 범위 내에 존재하지 않으며, 단위 구간을 줄여가면서 3단계를 반복한다.
- 5단계 : 4단계에서도 무게 중심 비율이 허용 범위 내에 존재하지 않는 경우에는 동일한 크기의 팔레트 화물 또는 박스화물의 위치를 변경시켜 3단계와 4단계를 반복한다.
- 6단계 : 5단계에서 완료되면, 컨테이너 내의 모든 화물의 적재 위치를 고정시키고 컨테이너 입구 반대측 오른쪽 하단부터 좌측으로, 앞쪽으로 그리고 상단으로 화물의 적재 순서를 부여한다. 이때 단계 4에서 구성된 단위 구간별로 행하도록 한다. (단위 구간에서 각 층의 우측 최 하단 → 좌측 → 앞쪽을 행하면서 다음 위층으로 번호를 부여한다)

마지막으로 컨테이너 무게 중심 산출은 각 컨테이너 내의 모든 화물에 대하여 모멘트를 계산하여 무게 중심거리를 계산한다.

이에 대한 기본원칙은 아래와 같다.

- 원칙1 : 각 컨테이너의 무게중심은 중방향에 대해서만 고려한다.
- 원칙2 : 각 화물의 무게중심은 화물의 중심위치로 한다.
- 원칙3 : 각 화물의 높이에 따른 컨테이너 모멘트는 고려하지 않는다.

컨테이너의 전체 화물의 단위 개수를  $m$ 이라 하자. 여기서 단위 개수는 팔레트, 상자화물 및 날개 박스화물 모두를 나타낸다.

컨테이너 중심위치를 기준으로 좌우 방향에 위치한  $k$ 번째 화물까지의 거리를  $d_k$ 라 하며 화물의 무게를  $w_k$ 라 하자. 이때  $j$ 번째 컨테이너의 중방향 모멘트를  $M_j$ 은 다음과 같이 계산한다.

$$M_j = \sum_{k=1}^m d_k w_k \quad (12)$$

여기서  $d_k$ 는 컨테이너 좌우 방향에 따라 부호가 결정된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 컨테이너에 물품을 적재 시에 컨테이너의 공간이용을 최대화시키면서 하중 분포의 균형을 이루는 3차원 컨테이너 적재 문제를 다루었다.

각 물품의 컨테이너 내의 최적 위치를 결정하는 적재모델을 개발한 후, 총 비용 산정을 통한 경제적 컨테이너 개수 및 크기 선택방안을 제시하였다. 특히, 물품 적재 시 중요한 요소인 하중 분포의 균형화 방안에 관한 탐색적 기법을 제안함으로써 앞으로의 연구에 있어서 실용화 방안을 구축하였다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 황학, 이관재, 선지웅, “3차원 물품 적재에 관한 마이크로 컴퓨터용 프로그램 개발”, 대한산업공학회지, Vol. 23, No. 1, pp. 55~76, 1997
- [2] A. Bortfeldt, H. Gehring, “A hybrid genetic algorithm for the container loading problem”, Operational Research, Vol. 131, pp. 143~161, 2001.
- [3] A. Lodi, S. Martello, D. Vigo, “Heuristic algorithms for the three-dimensional bin packing problem”, Operations Research, Vol. 141, pp. 410~420, 2002.
- [4] S. Martello, D. Pisinger, D. Vigo, “The three-dimensional bin packing problem”, Operations Research, Vol. pp. 256~267, 2000