

유전자 알고리즘을 이용한 수출 컨테이너 장치위치 결정에 관한 연구

이준욱⁰, 홍동희, 정태충
경희대학교 컴퓨터공학과

narcissus815⁰@iislab.kyunghee.ac.kr, sonbal2000@dreamwiz.com, tcchung@khu.ac.kr

A slot assignment method for export containers in the yard using genetic algorithm

JunWook Lee⁰, DongHee Hong, TaeChoong Chung
Dept. of Computer Engineering, KyungHee University

요약

매년 증가하는 컨테이너 물동량의 효율적인 처리를 위해서 수출 컨테이너의 처리과정인 반입, 장치, 적하의 과정 중 배에싣는 적하작업시 재취급이 발생하게 된다. 재취급이란 컨테이너 야드장에 장치되어 있는 수출 컨테이너를 적하하기 위해 배로 이동할 때 옮겨야 할 수출 컨테이너 위에 다른 수출 컨테이너가 있을 경우 상위의 수출 컨테이너를 다른 곳으로 이동시킨 후 해당 컨테이너를 배로 옮기는 것을 말한다. 이와같은 재취급이 발생할 경우 선박의 적하시간이 늘어나고 장비의 이용률이 증가함으로서 컨테이너 터미널의 운영의 효율성이 떨어진다. 적하작업시 발생하는 재취급의 횟수를 최소화 하기 위해 수출 컨테이너를 장치할 때 수출 컨테이너를 적하순서의 역순으로 장치를 하는 것이다. 그러나 수출컨테이너가 터미널에 도착하는 순서는 일정하지 않기 때문에 장치되어져 있는 컨테이너를 여러번 재장치하여 일방적으로 역순의 형태로 장치할 경우 재취급의 횟수는 줄일 수 있으나 장비의 사용량은 늘어나므로 결과적으로 효율적이지 못하다. 그래서 본 논문에서는 일정하지 않게 반입되는 수출컨테이너의 위치를 유전자 알고리즘(genetic algorithm)을 이용하여 결정함으로서 수출컨테이너 장치시 재조작횟수를 증가시키지 않고 재취급을 최소화할 수 있는 방법을 제시한다.

1. 서 론

세계 각국의 컨테이너를 이용한 운송은 다른 운송수단에 비해 많은 비중을 차지하고 있다. 갈수록 늘어나는 컨테이너 물동량을 처리하기 위해 컨테이너 터미널의 시설의 필요성은 높아가지만, 부지나 예산등의 문제로 많은 어려움이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 터미널 시스템의 개선방법을 이용하려는 많은 연구가 진행되고 있다. 본연구에서는 수출 컨테이너를 중심으로 컨테이너 터미널의 효율성을 높이기 위한 방안에 대해서 다룰 것이다. 컨테이너 터미널에서 수출컨테이너를 처리하기 위한 순서는 반입, 장치, 적하의 과정을 거쳐서 다른 지역으로 운송된다. 반입은 수출 컨테이너 처리의 첫 번째 단계로 컨테이너 터미널의 입구에서의 처리과정이며, 장치는 반입된 수출 컨테이너를 선박에 실어 보내기 전에 컨테이너 야드장 즉 베이에 장치해두는 것이다. 적하는 베이에 장치되어져 있는 수출 컨테이너를 타지역으로 이동하기 전에 선박에싣는 과정이다. 수출 컨테이너를 선박에싣기 위해 베이에서 수출컨테이너를 옮겨오는 과정에서 재취급이 발생하게 된다. 재취급이란 컨테이너 야드장에 장치되어 있는 수출 컨테이너를 적하하기 위해 배로 이동할 때 옮겨야 할 수출 컨테이너 위에 다른 수출 컨테이너가 있을 경우 상위의 수출 컨테이너를 다른 곳으로 이동시킨 후 해당 컨테이너를 배로 옮기는 것을 말한다. 재취급의 발생으로 인하여 수출 컨테이너를 적하하기 위해 대기중인 선박의 접안시간이 늘어나고 수출 컨테이너를 베이에 장치하는 장비인 트랜스퍼 크레인 시

스템(Transfer Crane System)의 이용률이 증가함으로서 컨테이너터미널 운영의 효율성이 떨어진다. 그리고 트랜스퍼 크레인 시스템(Transfer Crane System)의 이용률의 증가할 수 있는 원인으로 수출 컨테이너를 슬롯(slot)에 장치할 때 수출 컨테이너의 이동이 발생할 경우도 있는데 이를 재조작이라는 용어로 정의한다. 그래서 장치시에는 재조작을 없애고 적하순서의 역순으로 수출 컨테이너를 위치시켜 재취급을 최소화 할 수 있다. 하지만 수출 컨테이너가 컨테이너터미널에 반입되는 순서는 일정하지 않기 때문에 역순으로 장치하기 위해 하나의 수출 컨테이너를 여러번 재장치해야 되는 경우가 발생한다. 이 경우 재취급은 최소화 할 수 있지만, 장비의 이용률은 증가될 수밖에 없다. 그래서 이 두가지를 모두 만족시키기 위한 방법으로 수출 컨테이너의 위치결정을 유전자 알고리즘(genetic algorithm)을 이용하여 해결할 수 있는 방법을 제시하였다. 2장에서는 기존의 수출 컨테이너의 장치위치와 관련된 연구를 살펴보고, 3장에서는 유전자 알고리즘(genetic algorithm)을 이용하여 장치시 트랜스퍼 크레인 시스템(Transfer Crane System)의 이용률을 증가시키지 않고 재취급을 최소화하기 위한 유전자 알고리즘(genetic algorithm) 적용방법을 제시하고, 4장에서는 기존방식의 경우와 유전자 알고리즘(genetic algorithm)의 방법을 적용했을 때의 재조작 및 재취급횟수의 실험결과를 요약하고 5장에서 논문의 결론을 내린다.

2. 관련연구

수출 컨테이너를 컨테이너 선박에 적하할 때 야드에서 발생하는 재취급을 줄이기 위해서는, 야드장에 수출 컨테이너를 장치할 때 무거운 컨테이너가 가벼운 컨테이너 위에 장치하게 하는 것이 중요하다.

수출 컨테이너는 도착시점이 불규칙하고 무게도 다양하다. 수출 컨테이너가 게이트를 통하여 반입되면 수출 컨테이너의 장치위치를 결정해 주어야 한다. 가장 일반적인 방법은 무게를 고려한 컨테이너의 장치위치 결정법 [1]인데 수출 컨테이너의 장치위치를 결정할 때는 먼저 반입된 컨테이너의 장치위치로 특정 블록의 베이 위치를 결정해 준다 다음은 반입된 수출 컨테이너가 지정된 블록의 베이 위치까지 이동되어 야드 장비에 의해 해당 베이에 장치하게 될 때 구체적인 장치위치인 슬롯(Slot)의 위치를 정하는 것으로 특정한 슬롯을 결정할 때 현재까지 해당 베이에 장치되어 있는 컨테이너의 모양과 그들의 무게를 고려하여 지금 도착한 컨테이너의 장치위치를 어떻게 결정할 것인가에 대하여 최적장치위치 결정문제를 세가지 측면에서 다룬다[1][3][4]. 이때 세가지 측면은 다음과 같다. (1)컨테이너의 무게는 Heavy(H), Medium(M), Light(L)의 세가지 그룹으로 나뉘어 구분하고, (2)선적순서는 Heavy, Medium, Light 순으로 이루어지며, (3)일단 컨테이너가 재취급되면 더 이상 재취급이 일어나지 않는 슬롯에 장치된다.

본 논문에서는 이러한 무게를 고려한 장치위치 결정법에 선적시 발생하는 재취급을 최소화하기 위해 장치위치 결정 과정에 유전자 알고리즘(genetic algorithm)[2]을 적용하여 최적의 장치위치를 결정하는 방법을 제시한다.

3. 유전자 알고리즘을 이용한 장치위치결정

수출컨테이너의 무게, 적하위치, 이동지역 등 각 베이의 슬롯에 장치되기 이전에 필수적으로 고려되어야 될 사항이다. 수출 컨테이너가 서로 동일한 베이에 위치하게 된다는 것은 적하위치나 이동지역이 동일하다는 가정과 적하시 무거운 컨테이너가 하단에 위치해야 된다는 조건하에서 한 베이에 장치될 수 있는 24개의 수출 컨테이너에 1번부터 24번까지의 번호를 부여한다. 예를들어 무게가 가벼운 컨테이너에 낮은 번호를 부여하여 베이 아래에 위치 시킴으로써 선적시 재취급을 줄일 수 있게 된다.

수출 컨테이너 번호 부여에 있어서 낮은 번호의 컨테이너가 높은 번호의 컨테이너 하단에 장치되어야 된다는 조건을 불 때 수출 컨테이너 번호가 낮은 순으로 순차적으로 장치장에 도착한다면 각각의 컨테이너는 한번에 장치가 될 것이고, 적하시에도 물론 재취급이 발생하지 않 것이다. 하지만 수출 컨테이너의 반입순서가 순차적으로 반입 될 가능성은 낮다. 비순차적인 수출 컨테이너를 역순으로 쌓기 위해 장치장에서의 재조작이 일어난다면 재취급은 최소화 될 수 있지만 장비의 사용량은 증가할 수 밖에 없다. 그래서 유전자 알고리즘(genetic algorithm)을 적용하여 장비의 사용량의 증가하지 않고 재취급을 최소화 할 수 있는 최적의 위치를 결정한다.

수출 컨테이너의 장치위치 결정을 위한 유전자 알고리즘(genetic algorithm)의 구성요소는 표현, 초기모집단, 적응도 평가, 선별, 유전연산자, 유전파라미터로 이루어

져 있으며, (그림1)은 적용할 유전자 알고리즘(genetic algorithm)의 구조를 나타내고 있다.

```

begin
    t ← 0(초기세대)
    P(t)의 초기화( 6개 그룹 A~F의
    초기모집단 생성 )
    P(t)의 적응도 평가
    while(종료조건이 만족되지 않으면) do
        begin
            t ← t + 1
            P(t-1)로부터 우수개체그룹 선별
            P(t-1)로부터 비선별그룹 삭제
            새로운 유전자 입력
            P(t) 생성(각 그룹별 모집단 생성)
            P(t)의 유전연산(교차와 돌연변이)
            P(t)의 적응도 평가
        end
    end

```

(그림 1) 유전자 알고리즘의 구조

(1) 표 현

베이의 크기는 5단 6열로 정의하며 24개의 컨테이너가 4단까지 장치된다.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| d | h | l | p | t | x |
| c | g | | o | s | w |
| b | f | j | n | r | v |
| a | e | i | m | q | u |

| | | | | | |
|---|---|----|----|----|----|
| | | | | | |
| 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 |
| 3 | 7 | 11 | 15 | 19 | 23 |
| 2 | 6 | 10 | 14 | 18 | 22 |
| 1 | 5 | 9 | 13 | 17 | 21 |

(a) 슬롯의 위치

(b) 장치된 슬롯

(그림 2) 슬롯의 위치결정

(그림 2.a)에서 a, ..., x는 각 슬롯의 위치를 나타내며, 한개의 열에 4개의 수출 컨테이너가 아래부터 적재된다.

(그림 2.b)는 수출 컨테이너가 각 슬롯에 적재되어져 있는 상태이다. (그림 2.a)의 a, ..., x를 일렬로 나열하면 유전자 알고리즘(genetic algorithm)의 개체로 표현이 가능한다. 그림 2의 6개의 각 열을 일렬로 나열함으로서 24개의 유전자로 구성된 개체를 구성할 수 있다. (그림 2.b)를 개체로 표현하면 (1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24)와 같으며, 유전자 11번은 k번째 자리에 위치해 있는 것이다.

(2) 초기모집단

전혀 장치되지 않은 베이에 최초의 수출 컨테이너가 들어왔을 때 수출 컨테이너를 장치할 수 있는 위치는 (그림 2.a)에서 보면 a, e, i, m, q, u 중에 하나가 된다. 각각의 위치에 컨테이너가 장치될 수 있다는 조건하에서 100개의 개체로 구성된 초기모집단 A, B, C, D, E, F로 구성한다. 각 그룹의 개체의 최초 수출 컨테이너의 위치는 A그룹은 위치a, B그룹은 위치e, C그룹은 위치i, D그룹은 위치m, E그룹은 위치q, F그룹은 위치u에 결정되어져 있고, 개체를 구성하기 위한 나머지 장치위치는 무작위로 정렬한다. 예를 들어 최초 컨테이너 번호가 5번이

들어 왔다면 A그룹의 경우 개체는 ($5 \times x \times x \times x \times x \times x$
 $x \times x \times x$)의 형태가 되는데 23개
의 x자리에는 무작위로 나머지 수출 컨테이너 번호가 위
치한다.

(3) 적응도 평가

트랜스퍼 크레인 시스템(Transfer Crane System)의 사용량을 산출하여 적응도 평가에 사용한다. 그리고 재취급의 발생여부를 검사하여 적응도 평가에 감안한다. 적응도 평가는 6개그룹(A-F) 각각에 대해서 평가를 한다. 특정개체V의 적응도 평가식은 다음과 같다.

$$f(V) = \sum_{a, \dots, x \in V} 2(i+7-j) + 4k \quad (1)$$

(그림 2.a)를 5×6 행렬로 표시했을 때 위의 식1에서 i 는 행이고 j 는 열이다. 그리고 k 는 재취급이 발생한 컨테이너의 개수이다. 식(1)에서 $2j$ 는 트랜스퍼 크레인 시스템(Transfer Crane System)이 행의 아래위로 이동하는 횟수이며, $2(7-j)$ 는 좌우측으로 이동하는 횟수이다. $4k$ 는 재취급되는 컨테이너 각각에 4만큼 벌점을 부여한다.

(4) 선별

선별은 토너먼트선별을 적용하여 각 그룹(A-F)의 적응도를 서로 비교하여 최종적으로 우수개체를 선택한다. 선택한 우수개체 그룹외에 탈락한 그룹의 개체는 모두 삭제된다. 그리고 생존한 개체중에서 장치위치가 결정된 유전자외에는 모두 삭제한다. 결국 생존한 개체와 다음에 결정될 컨테이너가 위치할 수 있는 슬롯의 수에 따라 그룹이 결정된다. 베이의 특정 열에 수출 컨테이너가 모두 장치되었으면 그 열은 그룹이 될 수 없다. 따라서 초기모집단을 구성할 때와 동일하게 결정되지 않은 유전자는 무작위로 결정하고 다음세대의 모집단을 구성한다.

(5) 유전연산자

유전연산자는 교차의 경우 위치기반 교차를 사용한다. 위치기반 교차는 임의로 몇 개의 위치를 선택하여 한 부모에서 선택된 인자의 위치와 인자값을 자손에 그대로 상속하고, 다른 부모에서 선택된 인자값을 갖는 인자들을 지워 나타난 순서대로 미확정된 자손의 인자위치에 유전하는 교차이다. 이 교차를 적용하기 위해 위치를 선택할 때 임의의 위치를 정하는 것이 아니고, 그룹별로 결정되어 있는 위치를 선택한다. 돌연변이의 경우 교환 방법을 사용하는데 이미 결정되어져 있는 위치는 돌연변이 연산에서 제외된다.

(6) 유전파라미터

교차율, 돌연변이율, 종료조건은 <표 1>과 같다.

〈표 1〉 유전파라미터의 정의

| 교차율 | 돌연변이율 | 종료조건 |
|-----|-------|-------------------------|
| 0.4 | 0.1 | 24개의 컨테이너가 모두 장치 될 때 |

4. 실험결과

수출 컨테이너를 유전자 알고리즘(genetic algorithm)을 적용하지 않고 무작위로 장치할 때 발생하는 재조작 횟수 및 적하할 때 발생하는 재취급 횟수와 유전자 알고리즘(genetic algorithm)을 적용하여 장치할 때 발생하는 재조작 횟수 및 적하할 때 발생하는 재취급 횟수를 비교하였다. 재조작 횟수는 무작위 방식의 경우 조작방법에 따라 여러번 발생하지만, 유전자 알고리즘(genetic algorithm)의 경우 발생하지 않는다. 재취급 횟수는 무작위 방법보다 유전자 알고리즘(genetic algorithm)을 이용한 방법이 우수하다는 것을 알 수 있다. 아래의 <표 2>는 무작위로 장치할 경우와 유전자 알고리즘(genetic algorithm)을 적용한 경우의 실현 결과 나타내고 있다.

〈표 2〉 재조작 및 재취급횟수 비교

| | 기존방식(무작위) | 유전자 알고리즘 |
|-------------|-----------|----------|
| 평균 재조작횟수 범위 | 3~5 | 0 |
| 평균 재취급횟수 범위 | 5~10 | 0.5~3 |

5. 결론

본 연구에서는 비순차적으로 반입되는 수출 컨테이너의 장치위치 결정시 트랜스퍼 크레인 시스템(Transfer Crane System)의 사용량증가를 방지하고 적하시 재취급 최소화를 위해서 유전자 알고리즘(genetic algorithm)을 이용한 방법을 제시하였다. 수출 컨테이너 적하시 재취급을 발생시키지 않기 위한 일반적인 방법은 수출 컨테이너를 적하순서의 역순으로 장치하면 된다. 하지만 수출 컨테이너의 반입순서는 일정치 않기 때문에 역순으로 장치하기 위해 임의로 수출 컨테이너의 위치를 조작한다면 재취급은 줄일 수 있지만 트랜스퍼 크레인 시스템(Transfer Crane System)의 사용량은 증가하므로 비효율적이다. 트랜스퍼 크레인 시스템(Transfer Crane System)의 사용량의 증가를 억제하고 재취급을 최소화하기 위해 컨테이너가 반입되었을 때 장치위치를 유전자 알고리즘(genetic algorithm)을 이용하였다. 이와같은 방법으로 야드장 장비의 효율적 사용과 선박의 접안시간을 단축으로 해마다 증가하는 컨테이너 물동량의 효율적인 처리를 통해 컨테이너터미널의 효율을 높일 수 있다.

6. 참고 문헌

- [1] 김갑환, 박영만, “ 무게를 고려한 수출 컨테이너의 장치위치 결정법” Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers pp.753-769, 1996.
 - [2] 김여근, 윤복식, 이상복 “ 메타 휴리스틱 ” 영지문화사, pp.3-174, 1997.
 - [3] Kim, K.H., "Analysis of Rehandles of Transfer Crane on a Container Yard", Proceedings of APORS'94, Edited by Masanori Fushimi, Kaoru Tone, World Scientific, pp.357-365, 1995.
 - [4] Watanabe, I., Characteristics and Analysis Method of Efficiencies of Container Terminal - An Approach to the Optimal Loading/Unloading Method, Container Age, pp.36-47, March 1991.