# 시뮬레이션 기법을 이용한 컨테이너터미널 운영규칙의 평가

장성용 · 임진만

# Evaluation of Operational Rules for Container Terminals Using Simulation Techniques

Seong Yong Jang · Jin Man Lim

**Abstract**

*This paper deals with the development of simulation model for the container terminal consisting of* 3 berths, 8 container cranes, 16 yard blocks with each yard cranes and 90 yard trucks in order to evaluate the various operational rules.

The proposed operational rules are 3 ship dispatching rules, 3 berth allocation rules, 2 crane allocation rules, 2 yard allocation rules and 2 yard truck allocation rules and 4 performance measures like ship time in the terminal, ship time in the port, the number of ships processed and the number of containers handled are considered.

The simulation result are as follows.

1) no difference among 3 ship dispatching rules, 2) berth allocation rules depends on performance measures 3) dynamic crane allocation is better than fixed policy 4) pooling yard allocation is better than short distance yard allocation rules and 5) fixed yard truck allocation by berth is a little better than pooling policy.

## 1. 서론

국제 컨테이너 수송 분야에서 두드러진 변화는 크게 선박의 대형화로 인한 규모의 경제의 실현노력과 항만에서 체류하는 시간의 단축으로 인한 비용절감 노력의 두 방향에서 추진되고 있다. 컨테이너터미널에서 발생하는 비용이 컨테이너 총 수송원가의 30%를 점유하고 있기 때문에 각국의 주요항만들은 터미널 운영방식을 개선하는 등 운영효율화 노력에 박차를 가하고 있다.

컨테이너 터미널의 설계 및 운영과 관련된 국내외의 시뮬레이션 연구가 꾸준히 발표되고 있다.

조덕운은 GASP-4 시뮬레이션 언어를 사용하여 터미널의 운영을 위한 시뮬레이션 모형을 개발하여 터미널 운영 변수의 실험을 위한 도구를 제시하였으며[7], 장성용과 박진우는 실제의 컨테이너 터미널을 대상으로 터미널 운영시스템 및 시설배치 결정을 위한 방법으로써 SIMAN을 이용한 시뮬레이션 모형을 개발하여 컨테이너 운영장비의 최적조합을 제시하였다[4]. 윤영철과 문성혁은 시뮬레이션 기법을 활용하여 컨테이너 터미널의 하역능력을 산출하는 방법을 제시하였다[2]. 장성용은 컨테이너 기법을 이용하여 부산항의 현재와 장래 컨테이너 터미널의 하역능력을 산출하여 제시하였다[5]. 김창곤은 시뮬레이션 기법과 대기행렬 이론을 이용하여 컨테이너 부두 등의 전용부두의 하역능력 산출방

* 서울산업대학교 산업정보시스템공학과

법을 연구하였다[1]. 윤원영 등은 컨테이너터미널의 운영방식 즉 선석계획, 양하계획, 적하계획, 장치장계획 등을 평가하기 위해 시뮬레이션 모형을 제시하고 실제 시뮬레이션을 수행하여 결과를 제시하였다[3].

Kozan은 오스트레일리아의 레일 형태의 컨테이너터미널의 운영 분석을 위하여 시뮬레이션 기법과 휴리스틱 기법을 혼합하여 연구를 수행하였으며[15 ], Ramani는 인도의 항만을 대상으로 터미널의 운영대안들을 평가하기 위해 C 언어로 시뮬레이션 모형을 개발하여 일정계획 기법과 결합시켰다[18 ]. Koh외 3인은 컨테이너터미널을 객체지향형 시뮬레이션으로 모델링하여 터미널 운영의 의사결정지원시스템에 활용하는 기법을 제시하였다[14].

그 외에도 일반 항만이나 컨테이너 터미널 문제와 관련하여 시뮬레이션 기법을 활용한 많은 연구가 있었다[6][10][11][12][13][16].

본 연구의 목적은 컨테이너 터미널의 시뮬레이션 모형을 개발하고, 컨테이너 터미널의 주요 운영규칙들을 제시하며 이 규칙들로 구성된 운영 대안들에 따른 컨테이너 터미널의 성능 평가를 시뮬레이션 기법을 통하여 제시하는 것이다.

본 연구에서는 제2장에서 컨테이너 터미널의 구성요소 및 하역방식에 대하여 기술하고, 제3장에서는 선석 3개인 가상의 컨테이너터미널의 시뮬레이션 모형을 제시하며, 제4장에서는 선석 할당 방식, 크레인 할당방식, 야드 할당 방식 그리고 야드 트럭 할당 방식 대안에 따른 터미널의 성능 분석결과를 제시하였으며, 5장에서는 결론 및 추후 연구과제를 제시하기로 한다.

## 2. 우리 나라 컨테이너 흐름 분석

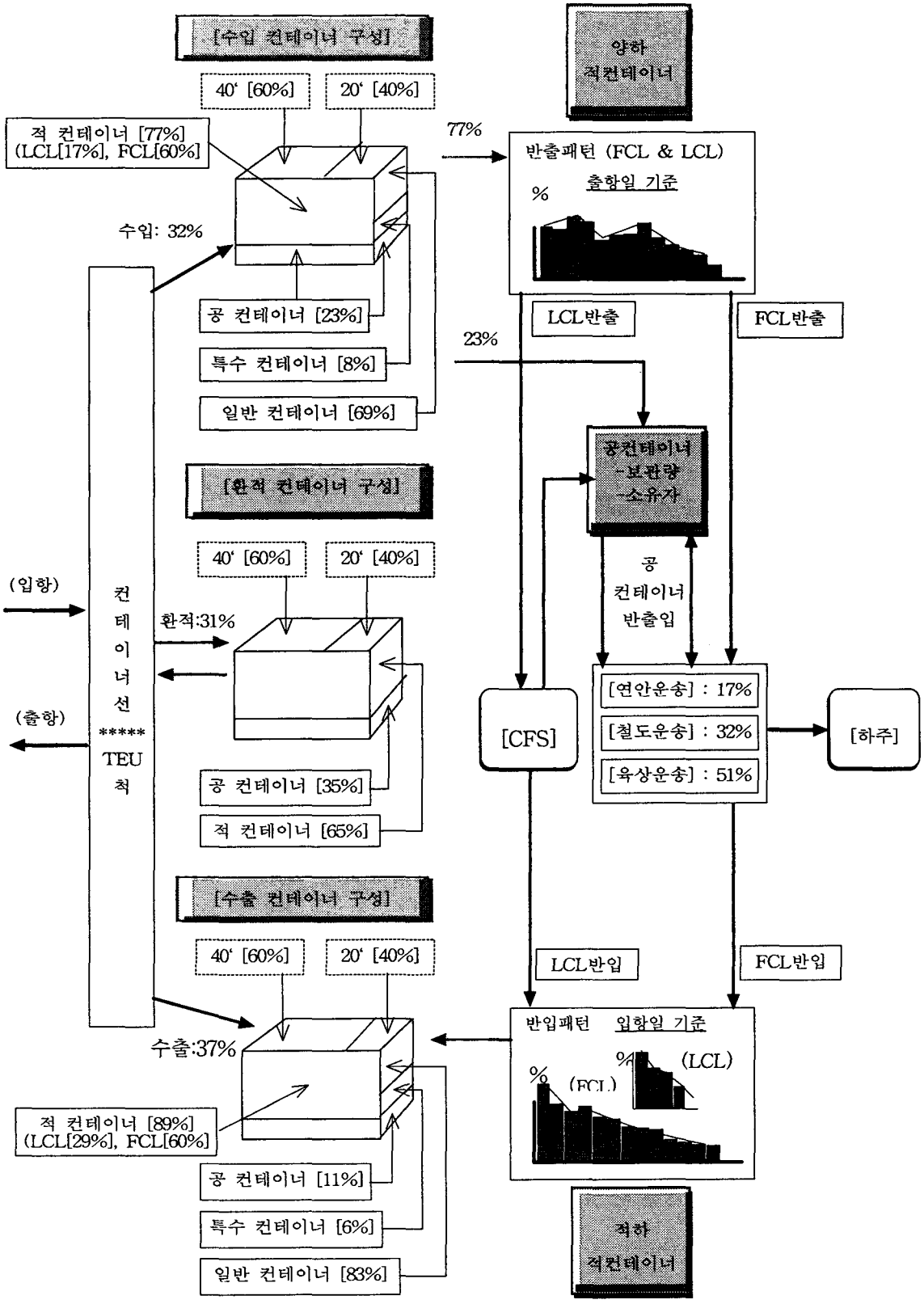
향후 컨테이너 선박의 대형화 추세를 반영하여 우리나라에 입항하는 컨테이너선박을 통해 수송되는 컨테이너를 수입, 수출, 환적으로 나누어 보면 각각 32%, 37%, 31%를 보이고 있다. 또한 컨테이너터미널과 하주간의 내륙 이송은 육상(도로)운송, 철도운송, 연안운송이 각각 51%, 32%, 17%를 보이고 있다(<그림1> 참조).

수입컨테이너의 경우 적컨테이너가 77%, 공컨테이너가 23%이다. 컨테이너 크기가 40피트짜리는 전체의 약 60%를, 나머지가 40%를 보이고 있다. 적컨테이너를 종류별로 보면 일반 컨테이너가 69%, 특수컨테이너가 8% 비중이다. 적컨테이너중에서 FCL이 60%를 LCL이 17%의 비중을 보이고 있다. 수입컨테이너중에 적컨테이너는 평균 5일간의 장치기간동안 터미널 야드에 머문 후에 내륙으로 이송된다. 이때 FCL은 직접 반출되고 LCL은 컨테이너조작장(CFS)서 적출(Devanning)되어 화물별로 하주에게 수송된다. 공컨테이너는 공컨테이너 야드에서 적재되었다가 일부는 수출용 LCL에 사용되기 위해 CFS로 보내어지고 일부는 내륙의 수요자에게 이송된다.

수출컨테이너의 경우 적컨테이너가 89%, 공컨테이너가 11%이다. 컨테이너 크기가 40피트짜리는 전체의 약 60%를, 나머지가 40%를 보이고 있다. 적컨테이너를 종류별로 보면 일반 컨테이너가 83%, 특수컨테이너가 6% 비중이다. 적컨테이너 중에서 FCL이 60%를 LCL이 29%의 비중을 보이고 있다. 수출컨테이너는 대체로 선박입항 5일전에 하주로부터 터미널에 반입되어 야드에 적재되어 있다가 선박이 접안한 후 수입컨테이너의 하역이 완료된 후 선적이 이루어진다. 이때 FCL은 직접 반입되고 LCL은 하주로부터 이송된 화물을 컨테이너 조작장(CFS)서 공컨테이너에 적입(Vanning)하여 야드에 저장한 후 선적된다.

환적 컨테이너는 입항선박에서 하역되어 약 7일 정도 야드에 적재되어 있다가 출항선박에 선적되어 반출된다. 환적 컨테이너는 적컨테이너가 약 65%, 공컨테이너가 35%이다.

선박이 터미널에 접안하면 컨테이너는 선측에 있는 컨테이너크레인에 의해 하역이 이루어지며 컨테이너는 야드 트랙터 위에 상차되어 해당 야드로 이동한다. 해당 야드에 도착하면 야




<그림 1> 컨테이너 흐름모델

드 크레인에 의해 야드에 적재된다. 야드에 적재된 반입용 컨테이너는 야드 크레인에 의해 트랙터 트레일러에 상차되어 게이트를 거쳐 터미널을 빠져나간다. CFS에 사용될 공컨테이너나 철송을 위한 컨테이너는 터미널내의 야드 트랙터에 실려 CFS나 철송장으로 이동된다. 반대로 수출용 컨테이너는 트랙터트레일러에 실려 게이트를 거쳐 해당 야드에 도착한다. 도착된 컨테이너는 야드 크레인에 의해 하차되고 야드에 적재된다. 선적이 시작되면 해당 야드에 적재된 컨테이너를 야드 크레인을 이용하여 야드 트랙터에 상차하고 선측으로 무인 이송된다. 선측에 도착한 컨테이너는 컨테이너 크레인을 활용하여 선박에 선적한다.

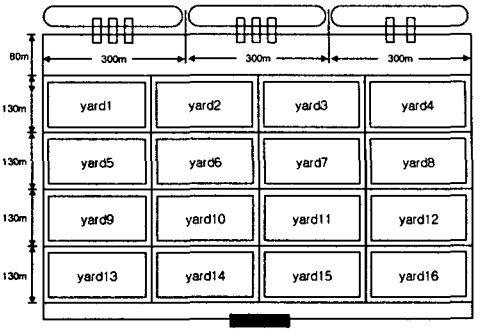
## 3. 컨테이너 터미널 시뮬레이션 모형

### 3.1 컨테이너 터미널 구성

본 연구에서는 국내 터미널 구성을 고려하여 실제 터미널이 아닌 가상의 터미널을 상정하였다. 그 이유는 본 연구의 목적이 어느 특정 터미널의 운영 규칙을 평가하려는 것이 아니라, 일반적인 상황하에서 운영규칙을 도출하고 이러한 운영규칙들이 조합된 운영대안들간의 터미널 성능 평가를 하는 것이 주된 목적이기 때문이다. 이 터미널은 3개의 선석으로 구성되어 있으며, 각 선석은 길이가 300m이다. 터미널에는 8대의 컨테이너 크레인(C/C)이 설치되어 컨테이너 하역을 담당하고 있다. 야드 구성은 4열 4행으로 16모두 16개로 구성되어 있으며, 그 중 에이프런 지역에 인접한 8개의 야드는 선적용 야드로, 나머지 8개는 하역용 야드로 배치하였다. 각 야드에는 한 대의 야드 크레인이 고정 배치되어 있는 것으로 하였다(그림 2 참조).

그림 1에 제시된 컨테이너의 흐름은 실제 상황이지만 이 터미널에서는 컨테이너 흐름을 약간 단순화하여 시뮬레이션 모형을 개발하였다.

컨테이너의 종류가 일반 컨테이너, 공 컨테이너, 특수 컨테이너 등 다양하게 구분할 수 있으나 여기에서는 모두 동일한 것으로 가정하였다. 단지 컨테이너의 크기가 20피트와 40 피트의 두 가지가 각각 50%의 비율인 것을 전제로 하여 컨테이너 개당 TEU는 1.5를 사용하였다. 또한 선적 컨테이너는 선박이 도착한 즉시 선적될 컨테이너가 각 야드에 할당되어 선적대기 상태가 되어 있는 경우로 하였다. 야드 트럭은 90대의 트럭이 작동되고 있는 것으로 하였다. 야드 트럭에는 40피트 컨테이너는 하나가 20피트의 컨테이너는 2개가 적재되어 이동하는 것으로 하였다.



<그림 2> 컨테이너터미널 구성도

### 3.2 터미널의 운영 매개변수

주요 운영 매개변수들을 정리하면 다음과 같다. 선박의 길이 및 양적하 컨테이너 개수, 양적하 비율, 컨테이너 개 당 평균 TEU 값 등은 광양항 컨테이너터미널의 2000년 실제 자료를 토대로 추정한 결과이다.

- 선석수: 3
- 부두길이: 900m
- C/C 수 : 8
- 야드 수: 16개 블록
  양하용: 8개
  적하용: 8개
- 야드 크레인: 각 야드 블록당 1대
- 선박도착간격: Expo(7) 시간
- 선박길이 추정: 128 + 167 * BETA(1.42, 0.786) m

- 모선당 양적하 컨테이너개수:
  선박길이 250m 이하의 선박:
  (118 + ERLA(240, 3))/1.5
  선박길이 250m 이상의 선박:
  (TRIA(56, 1.52e+003, 3.77e+003))/1.5
- 컨테이너 개당 평균 TEU: 1.5
- 모선별 컨테이너점유비율
- 양하: 50 %
- 적하: 50 %
- 컨테이너장치기간: 120시간(5일)
- C/C의 Van당 처리시간: 2.5 분/개
- 야드 크레인의 Van당 처리시간: 3분
- 야드 트럭 이동 속도:
  적재시: 400m/분
  비적재시: 600m/분

### 3.3 Arena 시뮬레이션 모형

가상터미널의 시뮬레이션 모형은 Arena 5.0을 사용하여 개발하였다. 이 모형에 사용된 개체들의 흐름을 <그림 3>에 나타내었다.

주요한 개체는 선박과 컨테이너이다. 선박은 도착하면 하역해야할 양하 컨테이너를 발생시키고 양하 컨테이너를 C/C를 이용하여 하역한다. 또한 적하용 컨테이너 개수를 발생시켜 필요한 개수만큼 각각 선적요청을 해당 야드에 보낸다. 양하 컨테이너는 이동해야할 야드를 결정하고 야드 트랙터를 요청한다. 야드 트랙터가 도착하면 컨테이너는 C/C에 의해 하역되어 야드 트랙터에 상차되고 해당 야드로 이동한다. 컨테이너를 실은 야드 트랙터가 해당 야드에 도착하면 야드 크레인을 이용하여 하차하여 야드에 적재시킨다. 컨테이너를 내린 야드 트랙터는 Home Station으로 이동하여 다음 작업요청을 기다린다. 수입용 야드에 적재된 컨테이너는 5일 동안 장치된 후 야드 크레인을 이용하여 트레일러에 상차하여 터미널 밖으로 반출된다.

선적용 컨테이너는 선박이 도착 즉시 장치해야할 야드를 결정한 후 해당 선적용 야드로 이동하여 적재되어 선적을 위해 대기한다. 선적용 야드에 장치된 컨테이너는 선적요청이 있으면 야드 트랙터를 요청하고, 야드 트랙터가 야드에 도착하면 야드 크레인을 이용하여 상차하여 요청 선박이 있는 선측으로 이동한다. 선측에 도착하면 C/C를 이용하여 선박에 선적된다.

## 4. 터미널 운영 규칙에 따른 시뮬레이션 분석

### 4.1 운영 규칙 도출

컨테이너 터미널의 생산성에 영향을 미치는 요소는 크게 터미널의 구성 및 각종 자원들과 각종 운영 규칙들을 들 수 있다(<표1> 참조).

본 연구는 컨테이너 터미널 운영 규칙들을 평가하기 위하여 시뮬레이션 기법을 활용하는 것이다. 따라서 운영규칙 중에서 선박투입 규칙, 선석할당 규칙, 선석 크레인 할당 규칙, 야드 배정 규칙 그리고 야드 트랙터 할당 규칙의 5가지 규칙을 선택하여 각각에 대한 대안을 제시하였다(<표2> 참조).

여기에서 선석할당 규칙에서 동적 할당과 고

<표 1> 컨테이너 터미널 생산성 영향 요소

| 터미널 구성 | 터미널 자원 | 운영 규칙 |
|---|---|---|
| · 야드 블록 배치(수직형, 수평형)<br>· 야드 지정(양하용, 선적용)<br>· 야드 블록내 단적 수<br>· 선석과 야드간 이동 거리<br>· 이동 수단(야드 트랙터, AGV, 트랜스테이너)<br>· 야드 하역장비 종류(RMGC, OHBC 등) | · 선석 수<br>· 선석 크레인 수<br>· 야드 크레인 수<br>· 야드트랙터 수<br>· 게이트 수 | · 선박투입 방식<br>· 선석할당 방식<br>· 선석크레인 할당 방식<br>· 야드 트랙터 할당 방식<br>· 야드 배정 방식<br>· 야드 적재 및 반출 우선 순위<br>· 선박적재 및 양하 우선순위 |

<표 2> 운영규칙 대안 설정

| 운영규칙 | 대안 1 | 대안 2 | 대안 3 |
|---|---|---|---|
| 선박투입 우선순위 규칙 | 먼저 도착한 선박 우선(FCFS) | 양적하 컨테이너수가 많은 선박 우선(대기시간 가중치 부여) | 양적하 컨테이너수가 적은 선박 우선(대기시간 가중치 부여) |
| 선석할당 규칙 | 선석 점유율이 낮은 선석 우선 | 처리 컨테이너수가 적은 선석 우선 | 처리 선박수가 적은 선석 우선 |
| 선석 크레인 할당 규칙 | 동적 할당 | 고정 할당 | - |
| 야드 배정 규칙 | 양하용 및 적하용 야드별로 공히 골고루 배정 | 양하용 및 적하용 야드별로 이동거리가 짧은 야드에 배정 | - |
| 야드 트랙터 배정 규칙 | 선석 구분 없이 공용 배치 | 선석별로 전용 배치 | - |

정 할당에 대하여는 보다 설명이 필요할 것이다. 고정할당 방식은 선석 1과 2에는 3대를 선석 3에는 2대의 선석 크레인을 고정적으로 배치함으로써 선석 간 이동이 없다. 동적 할당 방식에서는 초기에는 고정 할당 방식과 동일하나, 선박이 선석에 접안시 마다 하나의 선박 즉 선석에 최대로 5대까지 동적으로 할당하는 방식이다. 동적 할당 시에는 새로운 선박이 접안할 때마다 현재 접안 상황에 따라 선석별로 크레인을 이동배치하게 되며, 이 때 인접 선석에서 이동이 이루어지고 선석 이동으로 인한 시간 지연이 20분이 소요되는 것으로 가정하였다.

### 4.2 대안별 성능 평가

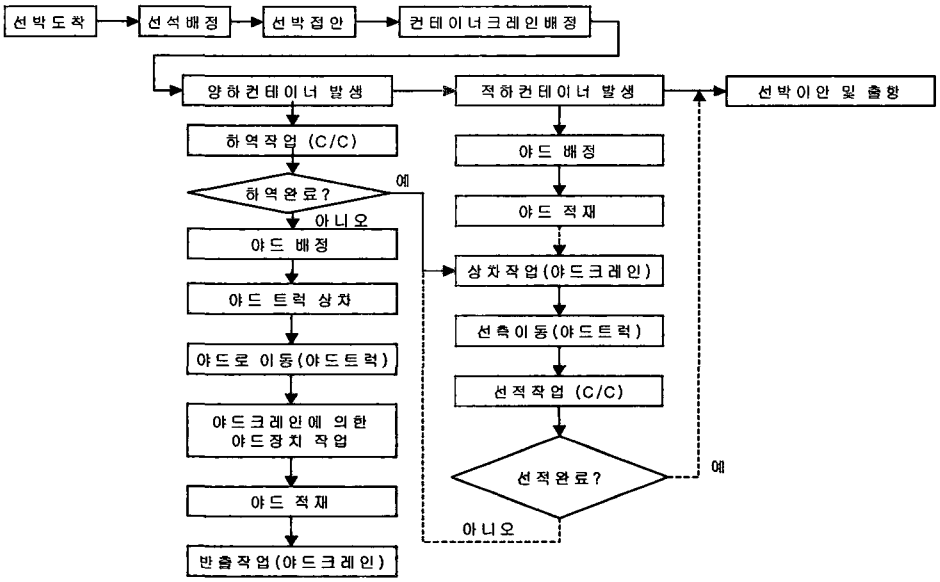
여기에서 컨테이너 터미널의 운영 대안은 5가지 운영규칙을 조합하여 3 x 3 x 2 x 2 x 2 = 72 종류가 된다.

72가지 대안별로 30일간의 시뮬레이션 기간을 가진 비종료 시뮬레이션으로 판단하여 각각에 대하여 10회씩의 시뮬레이션 실험을 수행하였으며, 터미널의 성능 평가 척도로는 선석 접안시간, 항내 체류시간, 처리 선박 수, 처리 컨테이너 수의 4가지를 사용하였다.

<표 3> 과 <그림 4> ~ <그림 7>에는 운영규칙 대안별 성능 평가치가 제시되어 있다.

<표 3> 운영규칙 대안별 성능 평가척도

| 운영규칙 대안 | | 접안시간 (분) | 체항시간 (분) | 처리선박수 (척) | 처리컨테이너수 (개) |
|---|---|---|---|---|---|
| 선박투입규칙 | 1 | 1052.3 | 4214.7 | 87.8 | 74771.3 |
| | 2 | 1052.3 | 4214.7 | 87.8 | 74771.3 |
| | 3 | 1052.3 | 4214.7 | 87.8 | 74771.3 |
| 선석배정규칙 | 1 | 1058.3 | 4063.9 | 87.1 | 73670.1 |
| | 2 | 1075.2 | **3639.8** | **89.5** | **77016.1** |
| | 3 | **1023.3** | 4940.5 | 86.9 | 73627.5 |
| 크레인배정규칙 | 1 | **1001.0** | **3800.5** | **89.8** | **76897.2** |
| | 2 | 1103.6 | 4629.0 | 85.9 | 72645.3 |
| 야드배정규칙 | 1 | **970.5** | **3504.2** | **90.6** | **76924.7** |
| | 2 | 1026.2 | 3856.9 | 88.4 | 74841.2 |
| 야드트럭배정규칙 | 1 | 1078.4 | 4572.6 | 87.3 | 74701.3 |
| | 2 | **1052.3** | **4214.7** | **87.8** | **74771.3** |




<그림 3> 컨테이너 터미널 작업 흐름도

먼저, 선박투입 규칙은 3가지 대안 모두 모든 성능평가치에서 차이가 없는 결과를 보이고 있다.

선석할당 규칙은 처리 선박수나 처리 컨테이너 수에서는 대안 2 즉 처리 컨테이너 수가 적은 선석에 할당하는 방식이 가장 우수한 결과를 보이고 있으나, 접안 시간의 경우에는 처리컨테이너 수가 적은 선석에 우선 배정하는 방식이, 체항 시간의 경우에는 처리 선박이 적은 선석에 우선 배정하는 방식이 가장 우수한 것으로 나타났다.

선석 크레인 할당 규칙에서는 동적 할당 방식이 고정할당 방식 보다 모든 성능평가척도에서 우수한 결과를 보여주고 있다.

야드 배정 방식에서는 모든 야드에 골고루 배정하는 방식이 소수의 가까운 야드에 배정하는 방식보다 모든 성능평가척도에서 우수한 결과를 보이고 있다.

야드 트럭 할당 방식에서는 모든 선석에 야드 트럭을 공유하여 사용하는 방식보다 선석별로 균등하게 배분하여 고정 배치하는 방식이 모든 성능 평가척도 면에서 약간 우수한 것으로 나타났다.

접안시간 최소화의 성능 평가척도를 사용하는 경우의 최선 대안은 <표 4>에 나타난 바와 같이 선박투입규칙 1, 2, 3 어느 것이든 구분이 없으며, 선석할당 규칙은 3, 크레인 할당규칙 1, 야드 배정 규칙 1, 야드 트럭 할당 규칙 1인 경우로 나타났다.

체항시간 최소화의 성능 평가척도를 사용하는 경우의 최선 대안은 <표 4>에 나타난 바와

<표 4> 각 성능평가 척도별 최선 대안

| 평가척도 | 선박투입규칙 | 선석할당 규칙 | 크레인할당 규칙 | 야드 배정 규칙 | 야드트럭 할당 규칙 |
|---|---|---|---|---|---|
| 접안시간 최소 대안 | 1, 2, 3 동일 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| 체항시간 최소 대안 | 1, 2, 3 동일 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 처리선박 수 최대 대안 | 1, 2, 3 동일 | 2,3 동일 | 1 | 1 | 1 |
| 처리 컨테이너 수 최대 대안 | 1, 2, 3 동일 | 2 | 1 | 1 | 1 |

같이 선박투입규칙 1, 2, 3 어느 것이든 구분이 없으며, 선석할당 규칙은 1, 크레인 할당규칙 1, 야드 배정 규칙 1, 야드 트럭 할당 규칙 1인 경우로 나타났다.

처리 선박수 최대화의 성능 평가척도를 사용하는 경우의 최선 대안은 <표 4>에 나타난 바와 같이 선박투입규칙 1, 2, 3 어느 것이든 구분이 없으며, 선석할당 규칙은 2, 3 모두 동일하며, 크레인 할당규칙 1, 야드 배정 규칙 1, 야드 트럭 할당 규칙 1인 경우로 나타났다.

처리 컨테이너 수 최대화의 성능 평가척도를 사용하는 경우의 최선 대안은 <표 4>에 나타난 바와 같이 선박투입규칙 1, 2, 3 어느 것이든 구분이 없으며, 선석할당 규칙은 2, 크레인 할당규칙 1, 야드 배정 규칙 1, 야드 트럭 할당 규칙 1인 경우로 나타났다.

## 5. 결론 및 추후연구

본 연구에서는 3개 선석, 8대의 선석 크레인, 16개 야드 블록으로 이루어진 컨테이너 터미널의 시뮬레이션 모형을 개발하였으며, 컨테이너 터미널의 생산성에 영향을 미치는 운영규칙들을 도출하였다. 도출된 운영규칙 대안들의 성능 평가를 위해 시뮬레이션을 실행하여 결과 분석을 수행하였다. 사용된 성능 평가척도는 선박 접안시간, 체항시간, 처리 선박수, 처리 컨테이너수 등이다.

분석결과에 따르면 선박투입 규칙 대안들 간에는 성능의 차이가 없었으며, 선석할당 규칙에서는 성능평가척도에 따라 약간 다른 결과를 보였다. 크레인할당 규칙은 모든 성능 평가척도 면에서 동적 할당 방식이 우수한 결과를 보였다. 야드 배정 규칙은 모든 야드 블록에 골고루 배정하는 방식이 선석에 가까운 몇 개의 야드에 배정하는 방식보다 우수한 결과를 보였다. 야드 트럭 배정 방식에서는 선석별로 고정 배치하는 것이 모든 선석에 공용으로 배정하는 방식보다 약간 우수한 결과를 보이고 있다.

본 연구에서는 컨테이너 종류를 양하용과 선적용으로 단순화 시켰으나, 공컨테이너나 특수 컨테이너 등을 고려하여 보다 현실성 있는 시뮬레이션 모형으로 개선할 필요가 있다. 또한 제시된 운영규칙이 실제 컨테이너 터미널에서 활용할 수 있는 일부에 불과하다. 따라서 보다 다양하고 실제적인 운영 규칙을 도출하여 성능 평가를 수행하는 것이 추후 연구과제이다 야드 작업을 보다 상세하게 분석해야할 필요성이 있는 경우에는 야드 작업 3차원적인 크레인 하역 작업에 대한 모델링이 필요하다. 마지막으로 시뮬레이션 수행 결과에 대한 체계적인 결과분석 방법론에 대한 연구가 요청된다.

## 참고문헌


1. 김창곤, "전용부두에서의 화물유통량을 고려한 하역능력 검토," *Ocean Research*, 제14권 제 1호, 1992, pp.53-62.
2. 윤용철, 문성혁, "컨테이너터미널 사용자 비용을 최소로 하는 선석과 크레인의 최적 구성에 관한 연구", *한국항만학회지*, 제9권 제2호, 1995, pp. 39-49.
3. 윤원영외 3인, "시뮬레이션을 이용한 컨테이너터미널의 운영계획 평가", *시뮬레이션학회지*, 제7권 제2호, 1998, 12, pp 91-104.
4. 장성용, "시뮬레이션 기법을 이용한 컨테이너 터미널의 운영 시스템 결정", *산업공학* 제1권 제1호, 1988.4, 49-61.
5. 장성용, "시뮬레이션 기법을 이용한 컨테이너 터미널 하역능력 추정", *한국시뮬레이션학회지*, 제5권 제1호, 1996.6, 53-66.
6. 장영태, *Port Investment Planning Using a Computer Simulation Model*, 연세대학교 대학원 박사학위논문, 1995.12
7. 조덕운, "컨테이너항 전산모의실험 모형의 개발", 대한산업공학회지, 제 11호 제2권, 1985, pp173-1985.
8. 한국해양수산개발원, *한국에서의 자동화컨*

*테이너터미널 개발 필요성*(항만정책공청회 자료), 1998, 7.

9. 한국해양수산개발원, *자동화컨테이너터미널 개발사업 타당성 검토 용역*(최종보고서), 1998. 12.
10. Cochran J.K. and Lin L. "Application of Computer Simulation to Freight Transport Systems." *Journal of Operational Research Society*, V.40, N.5, 433-441.
11. ESCAP, *Manual of Port Simulation Model*, Tokyo, 1987.
12. Hassan, Said Ali, "Port Activity Simulation: An Overview", *Simulation Digest*, V.23, N.2, 17-36.
13. Hayuth, Y. et al., "Building a Port Simulator", *Simulation*, V.63, N.3, 179-189.
14. Koh, P.H., et. al., "A Decision Support System for Container Operations", *New Directions in Simulation for Manufacturing and Communications*, 1994. pp451-457.
15. Kozan, E., "Increasing the Operational Efficiency of Container Terminals in Austrailia", *Journal of Operational Research Society*, V.48, 1997, pp151-1997.
16. Kondratowicz, I.J., "Methodological Solution for Increased Efficiency of Modelling and Simulation of seaports and Inland Freight Terminals", *Maritime Policy and Management*, V.19, N.2, 157-164.
17. Park, C.S. and Noh, Y.D., "A Port Simulation Model for Bulk Cargo Operations", *Simulation*, 1987, pp236-246.
18. Ramani, K.V., "An Interactive Simulation Model for Logistics Planning of Container Operations in Seaports", *Simulation*, V.66, N.5, 1996, pp292-300.