

## 컨테이너 터미널 생산성 향상을 위한 연구 - 이송 및 장치 시스템을 중심으로 -

김우선\* · 허윤수\* · 최호준\* · 하원익\*\*

### A Study on Improving the Productivity of Container Terminal - On the Transportation & Storage System -

Kim, Woo-Sun · Hur, Yun-Su · Choi, Ho-June · Ha, Won-Ik

#### Abstract

Before the container ships come alongside the birth, loading plan is made out using the bay information. Based on the loading plan, the simulation is performed. Using this results, this study proposes several alternatives of how much yard tractor is suitable for each gantry crane and how the transfer crane is placed.

This study aimed to construct the microscopic simulation model related to the transportation and the storage system, that can be applied for short-term management strategy for improving the productivity of container terminal.

First of all, it is needed the information about container terminal's layout, yard tractor's travelling type and direction, travelling time between birth and stack point, and so on. For the simulation, the SOVCOMFLOT Ship's real data is used. The containers was loaded/unloaded from 21:05 18 to 09:55 19, August, 1999 at Hanjin Container Terminal.

This study simulated by AweSim 2.0 version and Visual Basic 6.0 version.

#### 1. 연구목적

20세기 후반 전세계적으로 진행되고 있는 세계화, 국제화의 흐름 속에서 컨테이너 터미널들은 치열한 경쟁을 하고 있다. 그래서 각 컨테이너 터미널들은 선사의 유치를 위해서 항만 서비스의 강화와 비용절감에 주력하고 있다. 따라서, 항만에서의 신속한 하역작업과 비용절감을 위하여 컨테이너 전용 부두시설 운영효율의 향상을 요구한다.

항만은 해상운송과 육상운송의 연계를 위한 서비스 시설을 제공함으로써 수송비용의 절감에 크게

\* 한국해양대학교 물류시스템공학과 대학원

\*\* 한국해양대학교 물류연구센터 연구원

기여하고 있으며, 신속한 운송, 하역 등을 통해 종합적이고 유기적인 능률화가 추진되어야 한다. 특히 컨테이너 터미널은 하나의 시스템으로서 효율적인 능률화가 추진되어야 한다. 선사 및 화주 등의 항만이용자에게 질 높은 서비스를 제공할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 고도의 기술적 장비 및 인력을 확보함으로써 생산성을 향상시키는 것은 물론 자원활용의 최대화를 통하여 항만서비스를 극대화해야 한다.

선박이 항만에 머무는 시간인 재항시간의 단축은 컨테이너 터미널 운영의 효율성측면에서 가장 중요한 요소이다. 그러므로 선박의 재항시간을 단축시키고 터미널 자체의 운영비용을 절감하기 위해서 선박 접안 이후에 발생하는 작업을 미리 시뮬레이션하는 것은 매우 중요하다. 본 연구에서는 선박이 항만에 접안하기 전에 선박에 적재되어 있는 컨테이너의 정보를 이용하여 작성된 컨테이너 양하 계획을 시뮬레이션하여 각 G/C별로 적정 Y/T할당 대수 및 T/C의 배치 대안을 제시한다.

## 2. 선행연구

항만의 운영부문에 관련된 계량적인 연구 및 시뮬레이션 연구는 대부분 중·장기 계획 수립을 목적으로 하거나 특정 항만 혹은 하역시스템에 한정된 한계를 내포하고 있다. 또한 복잡한 현실문제를 단순화하여 시뮬레이션을 실시하였다. 특히, 터미널 운영개선 측면에서는 세부적인 운영상황들이 모형에 반영되어야 하나 기존 연구는 상당한 수준으로 이를 집단화하였다. 최근의 연구에서는 미시적인 운영부분의 연구가 이루어지고 있으나 실제 항만의 운영에 적용하기에는 자료의 집단적인 특성이 강하다.

### 2.1 시뮬레이션 분석

항만의 이송시스템 운영에 관한 시뮬레이션 국내 연구로 유승렬은 SIMNET을 이용한 시뮬레이션에 의한 컨테이너 물류시스템의 분석에 관한 연구에서 중장기적 관점에서 항만의 이송능력을 산정했다. BCTOC를 대상으로 하여 시간당 5~6개의 컨테이너를 처리하는 것으로 가정하였다. 이러한 가정 하에 46대의 Y/T가 6개월간의 시뮬레이션 기간동안 운영되어 63.9%의 평균이용률과 0.07%의 평균대기율을 가지는 것으로 나타났다. 유승렬의 연구에서는 자료를 집단화하였기 때문에 실제 운영 효율증진을 위한 단기적인 측면에는 적용에 한계를 가지고 있다.

윤원영·김갑환 등 컨테이너 터미널 계획 평가를 위한 시뮬레이션 연구에서는 객체지향 시뮬레이션 기법을 이용하였다. 시뮬레이션에서 대략적인 운영논리를 구현하여 단기간 내에 수행될 운영계획의 타당성을 점검할 수 있는 방법을 제안했다. 실제 PECT의 운영계획에 적용하였으며, Y/T의 이동시간과 대기시간의 비율로서 T/C와 G/C의 작업부하를 파악할 수 있음을 제시하였다. 윤원영·김갑환의 연구에서는 위의 연구들보다 단기적인 측에서의 시뮬레이션 이용성을 향상시켰으나, 단기간의 범위가 일(日)단위나 한 항차 단위가 아닌 주(週)단위로 이루어져 세부적인 적용에는 한계를 내포한다.

윤원영 · 최용석은 컨테이너 터미널의 장비규모 및 처리능력에 대한 시뮬레이션 연구에서 실시간으로 터미널의 DBMS를 이용하여 각 하부활동을 시뮬레이션 했다. 각 장비의 속성과 작업처리시간 등을 정의하여 세 가지 형태의 선박도착에 따른 G/C당 Y/T를 3대와 4대를 할당하여 평균이용률을 도출하였다. 윤원영, 최용석의 연구에서는 컨테이너 터미널의 DBMS를 이용해서 실시간으로 시뮬레이션을 하기 위해서는 발생된 개체를 제어 및 통제할 수 있는 로직이 있어야 함에도 불구하고 로직에 대한 연구가 이루어지지 않았으며, 운영적용을 위해서는 각 장비의 이동 및 작업에 대한 세부적인 이동시간과 장치장 레이아웃형태 및 주행형태에 대한 고려가 이루어지지 않아 적용에 대한 한계를 가지고 있다.

### 3. 시뮬레이션 분석 입력자료

#### 3.1 투입장비 및 자료

시뮬레이션 적용을 위해서 (주)한진 감천컨테이너 터미널의 1999년 8월 18일 21:05분부터 8월 19일 09:55 분까지 적양하 작업이 이루어진 SOVCOMFLOT호의 실제 하역 컨테이너 자료를 이용하였다. 자료의 블록별 할당량은 1A블럭에 17VAN, 1C블럭 228VAN, 1D블럭에 51VAN, 1E블럭에 28VAN, 1R블럭에 43VAN, 1Z블럭에 13VAN, 2C블럭에 67VAN, 2D블럭에 59VAN, 2E블럭에 30VAN이 장치되었다. 1A블럭 할당 컨테이너는 수출블럭으로 TS컨테이너이다. 투입장비로는 G/C 2기와 G/C 1기당 할당 Y/T 3기 그리고 운영여유를 위한 추가 Y/T 1기 총 7기의 Y/T로 구성되었다. 양하 컨테이너 수는 1번 G/C에서 254 lifts, 2번 G/C에서 252 lifts를 양하 하였다.

〈표 1〉 투입장비

투입장비	젠트리 크레인	야드 트랙터	트랜스퍼 크레인
대수	2기	7기	7기

투입장비의 제원은 G/C의 경우 이전 윤원영 · 최용석의 연구에서 사용된 N(112, 31)sec.를 사용했다. 야드 트랙터는 주행로에서 20km/hr의 속도로 이동하고, T/C아래에서는 10km/hr의 속도로 이동한다. T/C의 한 개 컨테이너 양하 작업시간은 N(87, 19.3)초로 정의하였으며, 베이당 이동시간은 2.34초로 정의하였다. 블록상의 가장자리 베이에서 Turn line 까지의 이동시간 또는 Turn line에서 인접 블록상의 가장자리 베이까지의 이동시간은 2.34초로 하였다. T/C의 90도 주행을 위한 방향전환시간은 85.32초이며, Turn line상의 인접블록으로의 이동시간을 9.36초로 정의했다.

〈표 2〉 T/C장비 및 장치장 제원 설정

항목	T/C주행 속도	처리시간	베이길이	블록간거리	Turn Time	Bay move	Block move
설정값	10km/hr	N(80,19.3)	6.5m	13m	85.32초	2.34초	9.36초

(주)한진의 감천 컨테이너 터미널은 안벽길이가 600m로 5만톤급 선박 2척이 접안할 수 있다. 야드 최대 장치능력은 7,684TEU이며, 연간 예상 처리능력은 360,000TEU이다. 장치장 능력으로는 수출블럭 5개의 1,008TGS와 수입블럭 5개의 936TGS로서 장비로는 T/C를 사용하고 있다. 한 개의 위험화물블럭과 장척화물을 위한 40TGS의 공간이 있다. 1개 블록은 40베일로 구성되어 있으며, 한 개 블록 40bay의 전체길이는 약 260m이다.

이송시스템의 단계적인 운영효율증진을 위해서 먼저, 특정 컨테이너 터미널을 설정하여 터미널의 배치형태, Y/T의 주행방향 및 주행형태, 안벽과 장치위치간의 이동시간 등 터미널의 레이아웃과 관련된 정보들이 필요하게 된다. 본 연구에서는 [그림 1] 한진해운 감천 컨테이너 터미널의 레이아웃 자료를 이용하여 시뮬레이션을 실행한다. 감천 터미널의 안벽으로부터 장치블럭입구까지의 이동시간은 아래와 같으며, T/C아래에서는 시속 10km/hr 속도로 이동한다. 운영여유를 위한 RS(Reach Stacker)의 제원은 T/C와 동일하다고 가정한다.

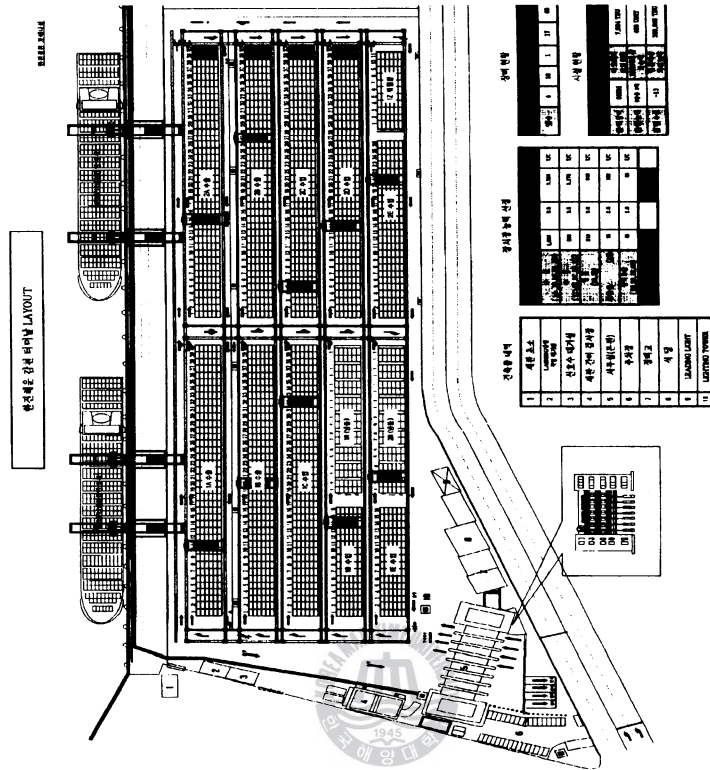
〈표 3〉 안벽에서 장치블럭입구까지의 이동시간

단위 : 초

블럭	1A	1B	1C	1D	1E	1R	1Z	2A	2B	2C	2D	2E	2R
이동시간	26	108	92	81	76	81	67	24	27	29	32	34	92

주 : 안벽은 접안위치의 중앙을 기준

본 시뮬레이션에 적용될 선박은 터미널의 안벽방향으로 좌측 선석에 접안하여 G/C 1호기와 2호기 두기가 투입되었다.



〈그림 1〉 한진해운 감천 터미널 레이아웃

### 3.2 선입선출에 의한 단일 예정작업 계획

본 연구에서는 시뮬레이션을 위한 T/C장비의 이동 로직은 박두호 1999 “컨테이너 장치작업을 위한 크레인 배정 및 작업순서 결정”에서 연구된 선입선출에 의한 단일 예정작업 계획을 적용하였다. 단일 예정작업 발생의 경우에 우선 생각해야할 상황은 하나의 예정작업이 발생할 때 기존 T/C 장비에 할당된 작업과 작업순서를 기준으로 보유하고 있던 마지막 작업에서 새로 추가되는 단일 예정작업이 장비의 전체 작업완료시간이 최소화되는 장비로 할당해야할 것이다. 즉, 이 문제는 선입선출의 작업원리를 고려하면서 전체 장비들이 작업준비를 위한 이동시간을 고려하여 전체 작업완료시간을 최소화하는 T/C 장비를 선택하여 마지막 예정작업에 추가한다.

선입선출에 의한 단일예정작업 계획 문제에 대한 시스템 적용환경은 다음과 같이 가정한다.

- 작업계획 대상이 되는 예정작업 발생은 컨테이너 1개를 기준으로 한다.
- 전체 T/C 장비들에 이미 할당되었던 작업 순서는 변경되지 않고 새로운 예정작업이 발생하면 장비들의 마지막 예정작업 다음에 추가된다.

선입선출에 의한 단일예정작업 계획 문제의 해법과정은 다음과 같다.

$i$  : 대상 T/C의 마지막 예정 작업 지점

$j$  : 발생한 예정작업 지점

$k$  : 기본선 작업에 대한 가용 T/C 장비  $k = 1, 2, \dots, m$

$C_{ij}^k$  : T/C 장비  $k$ 가 지점  $i \rightarrow j$  로의 이동시간

$F_k$  : T/C 장비  $k$ 에 대한 총 작업 완료시간

$T$  : 전체 T/C 장비의 총 작업 완료시간

Step 1 :  $k=1, T = \text{Max}_k \{ F_k \}$

Step 2 :  $F'_k = \text{Max} \{ T, F_k + C_{ij}^k \}$ 를 계산한다.

Step 3 :  $k = k + 1$

if  $k \leq m$  then Step 2.

Step 4 :  $T^* = \text{Max}_k \{ F'_k \}$ 를 만족하는  $k$ 를  $k^*$ 로 한다.

Step 5 : 작업  $j$ 를 T/C  $k^*$ 에 배정한다. 종료.

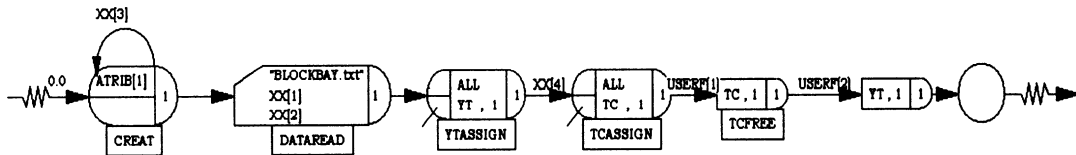
#### 4. 시뮬레이션 적용

시뮬레이션은 Pritsker 사의 AweSim 2.0 Version 과 Visual Basic 6.0 Version으로 구현되었다. 본 시뮬레이션에서는 컨테이너의 하역형태에 따른 최적의 T/C 및 Y/T 구성을 도출함으로써 컨테이너 터미널의 경쟁력 강화를 위한 비용절감과 서비스 향상에 기여할 수 있으며, 운영의 효율성을 이룰 수 있다.

##### 4.1 시뮬레이션 네트워크

아래의 시뮬레이션 네트워크는 이송시스템과 장치(보관)시스템의 시뮬레이션 네트워크를 간략히 하였다. 각 G/C로부터 XX[3]의 시간간격으로 발생한 개체는 ATRIB[1]에 발생시간을 기록하고 이동하여 DATAREAD 노드에서 할당된 블록 및 베이에 대한 정보를 기록한다. Y/TASSIGN 노드에서는 자원정보를 검색하여 여유Y/T를 검색하고 사용할 수 있는 Y/T가 없으면 운영여유를 위해 투입된 Y/T를 사용한다. 장치장 블록까지 XX[4]의 시간동안 이동하여 T/C를 할당받는다. T/C를 할당받은 Y/T는 T/C이동시간과 작업시간을 USERF[1] 시간동안 대기한다. 여기에서 T/C이동시간은 현재

T/C의 위치에서 작업발생한 Bay까지의 이동시간이다. 작업이 완료되면 T/CFREE 노드에서 할당받은 T/C의 사용권한을 해제하고 안벽으로 USERF(2)의 시간동안 이동한 후 Y/T의 사용권한을 해제한다.



〈그림 2〉 이송시스템 및 장치(보관)시스템 시뮬레이션 네트워크

#### 4.2 시뮬레이션 적용 결과

시뮬레이션의 대안 1은 현재 (주)한진 감천 컨테이너 터미널에서 기본으로 사용하고 있는 Y/T할당 형태이다. 대안 2는 각 G/C별로 Y/T 1기를 추가로 투입한 경우이며, 대안 3은 각 G/C별로 2기의 Y/T를 추가로 투입한 경우이다. 대안 4는 대안 1의 시뮬레이션 결과 Y/T이용률이 높은 G/C 2에 운영여유를 위한 Y/T를 전속으로 할당한 경우이다. 이송시스템 및 장치(보관)시스템 시뮬레이션 결과는 아래와 같다.

〈표 4〉 대안설정

대안 장비	대안 1			대안 2			대안 3			대안 4		
	G/C1	G/C2	여유	G/C1	G/C2	여유	G/C1	G/C2	여유	G/C1	G/C2	여유
	3	3	1	4	4	1	5	5	1	3	4	0

〈표 5〉 이송시스템 및 장치(보관)시스템 시뮬레이션 결과

대안 장비	대안 1			대안 2			대안 3			대안 4		
	Av Util.	Std Dev.	Dis Time	Av Util.	Std Dev.	Dis Time	Av Util.	Std Dev.	Dis Time	Av Util.	Std Dev.	Dis Time
Y/T1	2.158	0.676	31,118 sec.	2.450	0.737	29,005 sec.	2.679	0.891	28,916 sec.	2.417	0.606	32,344 sec.
Y/T2	2.439	0.619		3.049	0.751		3.448	0.844		3.041	0.726	
Y/T3 (여유)	0.990	0.102		0.972	0.164		0.970	0.171		0	0	
T/C1	0.049	0.216		0.053	0.224		0.049	0.216		0.059	0.235	
T/C2	0.629	0.483		0.670	0.470		0.759	0.428		0.492	0.500	
T/C3	0.120	0.325		0.169	0.375		0.165	0.371		0.139	0.346	
T/C4	0.038	0.191		0.056	0.231		0.052	0.222		0.062	0.242	
T/C5	0.217	0.412		0.225	0.417		0.252	0.434		0.248	0.432	
T/C6	0.128	0.335		0.183	0.387		0.147	0.354		0.153	0.360	
T/C7	0.078	0.269	0.069	0.254	0.107	0.309	0.085	0.279				

대안 1의 평균 이용률이 1번 G/C에 할당된 Y/T1 경우 평균이용률이 2.158대이며, 표준편차가 0.676 이다. 2번 G/C에 할당된 Y/T2의 경우 평균이용률이 2.439대이며, 표준편차가 0.619 이다. Y/T3(여유)의 경우 평균이용률이 0.990대이며, 표준편차가 0.102로서 평균이용률이 거의 100%로 과도하게 사용됨을 볼 수 있는데 이는 G/C1번과 G/C2번의 Y/T 운영에 공통으로 사용됨으로 인한 결과이다. 하역시간은 31,118초(8시간 38분)로 나타났다. 이는 실제 하역에 사용된 8시간 50분과 매우 유사한 결과를 나타내고 있다. 대안 2의 경우는 1번 G/C에 할당된 Y/T1 경우 평균이용률이 2.450대이며, 표준편차가 0.737 이다. 2번 G/C에 할당된 Y/T2의 경우 3.049대이며, 표준편차가 0.751이다. Y/T3의 경우 평균이용률이 0.972대이며, 표준편차가 0.164로 여전히 높은 이용률을 나타낸다. 하역시간은 29,005초(8시간 3분)로 나타났다. 대안 3의 경우는 1번 G/C에 할당된 Y/T1 경우 평균이용률이 2.679대이며, 표준편차가 0.891 이다. 2번 G/C에 할당된 Y/T2의 경우 3.448대이며, 표준편차가 0.844이다. 하역시간은 28,916초(8시간 2분)로 나타났다. 이는 대안 2에서 Y/T대수를 각각 1기씩 증가 시켜도 하역시간의 감소가 거의 이루어지지 않음을 볼 수 있다. 대안 4의 경우는 1번 G/C에 할당된 Y/T1 경우 평균이용률이 2.417대이며, 표준편차가 0.606 이다. 2번 G/C에 할당된 Y/T2의 경우 3.041대이며, 표준편차가 0.726이다. 하역시간은 32,344초(8시간 59분)로 나타났다.

대안 2가 Y/T를 각각 한 대씩 증가시켜 투입함으로써 하역시간을 크게 단축시켰다. 대안 3의 경우 Y/T의 투입대수가 증가하였으나, 전체 하역시간이 대안 2보다 89초밖에 단축되지 않아서 더 이상의 Y/T투입은 의미가 없음을 알 수 있다. 대안 4의 경우는 평균이용률이 상대적으로 높은 2번 G/C에 운영여유를 위한 Y/T를 할당하여 2번 G/C와 연관된 T/C2번의 평균 이용률을 낮추었으나 전체적인



하역시간의 증가를 가져왔다.

〈표 7〉 이송시스템 및 장치(보관)시스템 시뮬레이션 결과는 기본적으로 장치시스템 장비인 T/C의 할당을 각 블록에 고정하여 도출된 결과이다. 위의 결과를 바탕으로 T/C2번이 할당된 블록 1C에 과도한 작업량이 할당됨을 알 수 있다. 그래서 1C 블록에 가장 작업량이 적은 1A블록의 T/C를 할당하여 (1C블록에 T/C 2기 할당 경우) 시뮬레이션한 대안과 결과는 아래 표와 같다.

〈표 6〉 대안설정 (1C블록에 T/C 2기 할당 경우)

대안 장비	대안 1			대안 2			대안 3		
	G/C1	G/C2	여유	G/C1	G/C2	여유	G/C1	G/C2	여유
	3	3	1	4	4	1	5	5	1

〈표 7〉 이송시스템 및 장치(보관)시스템 시뮬레이션 결과(1C블록에 T/C 2기 할당 경우)

대안 장비	대안 1			대안 2			대안 3		
	Av Util.	Std Dev.	Dis Time	Av Util.	Std Dev.	Dis Time	Av Util.	Std Dev.	Dis Time
Y/T1	2.112	0.663	30,350 sec.	2.356	0.721	28,394 sec.	3.340	0.730	28,319 sec.
Y/T2	2.491	0.594		3.094	0.697		2.760	0.911	
Y/T3(여유)	0.989	0.103		0.969	0.173		0.627	0.483	
RS	0.054	0.225		0.067	0.251		0.070	0.254	
T/C1. 2	0.667	0.645		0.708	0.646		0.725	0.663	
T/C3	0.138	0.345		0.167	0.373		0.164	0.370	
T/C4	0.052	0.222		0.086	0.280		0.092	0.289	
T/C5	0.182	0.354		0.199	0.399		0.261	0.439	
T/C6	0.146	0.354		0.159	0.366		0.142	0.349	
T/C7	0.076	0.265	0.105	0.307	0.119	0.324			

대안 1의 경우 Y/T1의 평균이용률이 2.112이고 표준편차 0.663이다. Y/T2의 경우 평균이용률이 2.491 표준편차 0.594이다. 하역시간은 30,350초(8시간 26분)로 약 12분 정도 단축된다. 대안 2의 경우 대안 2의 경우 Y/T1의 평균이용률이 2.356이고 표준편차 0.721이다. Y/T2의 경우 평균이용률이 3.094 표준편차 0.697이다. 하역시간은 28,394초(7시간 53분)로 약 10분 정도 단축된다. 대안 3의 경우 Y/T1의 평균이용률이 3.340이고 표준편차 0.730이다. Y/T2의 경우 평균이용률이 2.760 표준편차 0.911이다. 하역시간은 28,319초(7시간 52분)로 약 1분 정도 단축되어서 더 이상의 Y/T 증가의 의미가 없음을 알 수 있다.

## 5. 결론

본 연구는 컨테이너 터미널의 운영효율 향상을 위해서 이송시스템 및 장치시스템과 연계된 단기적인 운영에 적용할 수 있는 미시적인 수준의 시뮬레이션모델 구현을 목적으로 한다.

컨테이너 터미널은 구성요소들간의 관계가 복잡하게 연결되어 있어, 기존의 터미널 분할방식 및 단순 통계량분석법을 이용 단기적인 운영효율향상에 적용할 수 없다. 그래서 시뮬레이션의 현실성을 높이기 위해 컨테이너 터미널의 실제 하역계획자료를 이용하여 시뮬레이션을 실시하였다. 장비의 운영에 있어서도 Y/T의 이동경로 및 주행시간 등을 적용하였으며, T/C의 경우는 하역작업을 위한 장비 자체의 이동로직을 적용하였다.

본 연구의 한계로는 실제적으로 컨테이너 터미널의 하역생산성에 가장 큰 영향을 미치는 G/C의 운영로직을 적용하여야하나 반영하지 못하고 확률적으로 처리하였다. 또한 양하계획 뿐만 아니라 적하 계획도 시뮬레이션을 수행해야 하지만 상대적인 구현의 복잡성으로 인하여 반영되지 못하였다.

추후 연구에서는 컨테이너 발생에 있어서 선박적재 위치에 따른 G/C 운영로직을 적용하고, T/C 운영로직을 적용하여 적하 계획을 시뮬레이션 해야 한다. 마지막으로 단기적 운영 시뮬레이션을 통해서 도출된 대안들의 경제성평가를 해야한다. 그러나 현재 선석과 안벽 크레인에 대한 연구는 이루어졌으나 Y/T와 T/C에 대한 비용연구가 미흡하여 적용하지 못했다. 추후 지속적인 연구가 필요하다.

## 참고 문헌

1. 김우선, 남기찬(1998), "컨테이너 터미널 운영 개선을 위한 시뮬레이션 시스템 설계," 한국항만학회 '98추계학술대회논문집, pp.125~135
2. 박두호(1999), "컨테이너 장치 작업을 위한 크레인 배정 및 작업순서 결정," 한국해양대학교 대학원, 석사학위논문
3. 유승열(1997), "시뮬레이션에 의한 컨테이너 물류시스템의 분석에 관하여 -BCTOC를 중심으로-," 한국해양대학교 대학원, 석사학위논문
4. 윤원영, 안창근, 최용석, 김갑환(1998), "컨테이너 터미널 계획 평가를 위한 시뮬레이션 연구," 한국항만학회 '98추계학술대회논문집, pp.117~124
5. 윤원영, 최용석(1999), "컨테이너 터미널의 장비규모 및 처리능력에 대한 시뮬레이션 연구," 한국항만학회 '99추계학술대회논문집, pp.177~185
6. (주)한진, "감천 터미널 운영 실무."
7. Pritsker, A. Allan, 1979, "The SLAM-II Simulation Language," John Wiley and Sons, New York
8. Visual Basic 6.0 Manual