

컨테이너터미널의 야드 트랙터 소요대수 추정

최용석* · 김우선** · 하태영***

*, **, *** 한국해양수산개발원, 해운물류항만연구센터

An Estimate of the Required Number of Yard Tractor in Container Terminal

Yong-Seok Choi · Woo-Sun Kim · Tae-Young Ha

*Shipping, Logistics and Port Research Center, Korea Maritime Institute

요 약 : 본 연구의 목적은 컨테이너터미널에서 야드 트랙터의 요구수량을 추정하는 것이다. 야드 트랙터의 수는 컨테이너터미널의 효율을 결정짓는 애로요인이며, 운행 속도와 운행 거리에서의 변화로 인해서 그 효율성을 추정하기가 어렵다. 야드 트랙터의 효율은 컨테이너 크레인 과 트랜스퍼 크레인간의 대기네트워크를 고려하여 개발된 시뮬레이션 모델에 의해 추정된다. 컨테이너 크레인당 야드 트랙터의 수는 대안 분석에 의해서 추정되며 컨테이너 크레인당 야드 트랙터의 수를 결정하기 위해서 선석과 야드간의 거리와 야드 트랙터의 속도와 같은 평가척도를 시뮬레이션 하였다.

핵심용어 : 야드 트랙터, 컨테이너터미널, 시뮬레이션, 대기네트워크, 평가척도

Abstract : The purpose of this study is to estimate the required number of yard tractor on port container terminal. The number of yard tractor is the bottleneck factor on the efficiency of container terminal. Due to the change in travel speed and travel distance, the efficiency is difficult to estimate. The efficiency of yard tractor is estimated by the proposed simulation model that developed considering the queuing network between container crane and transfer crane. The number of yard tractor per container crane is estimated by the alternative analysis.

And to determine the number of yard tractor per container crane, the performance measure such as the distance between berth and yard, the speed of yard tractor are simulated.

Key words : yard tractor, container terminal, simulation, queuing, performance measure

1. 서 론

컨테이너 터미널은 하역, 보관, 혼재 기능을 수행하는 물류 시스템으로 시스템의 목표 달성도를 정량적으로 평가하기 위한 지표로 하역능률, 취출율, 토지이용율 등을 들 수 있으며, 하역능률의 경우 하역기기 및 작업원의 하역능률로서 컨테이너 터미널의 동적인 면에서 하역기능을 평가분석하기 위한 지표이다(Watanabe 1991). 하역능률을 분석할 때 사용되는 터미널 운영요소는 컨테이너 야드, 크레인, 게이트, 선석, 작업원 등이며, 고객서비스와 바로 연결되는 부분이 선박이 서비스를 받는 선석과 선박에 대해서 서비스를 하는 컨테이너 크레인(Container Crane: C/C)이다. 그러므로 컨테이너 터미널의 하역능률 분석에 가장 중요한 요소는 선석과 C/C이다(Wun & Choi, 1999). 그러나 C/C의 하역능률에 영향을 미치는 직접적인 변수는 컨테이너의 양적하 작업에 투입되는 장비인 야드 크레인과 야드 트랙터(Yard Tractor: YT)이다. 특히 YT는 C/C와 야드 크레인의 중계자로서 적정 수준의 장비대수를 확보하지 않으면, C/C와 야드 크레인 양쪽에 작업 지연을 발생

시켜 결국에는 본선작업의 지연으로 모든 작업을 완료하는데 걸리는 시간이 지연되어 결국에는 컨테이너 터미널의 가장 큰 고객인 선박에 대한 제항시간에 영향을 주게 된다. 따라서 YT의 적정 소요대수 확보는 컨테이너 터미널의 여러 서비스 수준에 영향을 미치는 중요한 요인이라 할 수 있다.

국내 컨테이너터미널의 운영시설에서 YT의 보유대수를 분석해 보면 Table 1과 같이 터미널의 C/C 대수에 기초하여 C/C당 자성대가 4.8대, 신선대 6.1대, 감만 5.7대, 신감만 5.1대, 우암 4.0대, 감천 5.0대, 광양 1단계 4.9대, 광양 2단계 1차가 5.8로 광양 2단계 1차 터미널이 가장 높은 비율의 YT를 보유하고 있는 것으로 분석되었다(한국컨테이너부두공단, 2004). 국내 컨테이너터미널의 YT 보유대수는 C/C당 5대 이상씩 보유하고 있으며, 터미널간의 차이는 거의 없다. C/C당 5대의 보유대수에서 1대의 여유차량을 가지더라도 4대씩은 확보하고 있는 실정이다. 실제 운영에서도 C/C당 4대 정도가 투입되며, C/C 작업이 없을 경우 구내이적에 투입되는데 투입비율은 약 50% 정도가 된다. 그리고 본선작업이나 구내이적작업에 투입되지 않는 YT는 휴식시간을 가진다.

* 대표저자 : 최용석(중신회원), drasto@kmi.re.kr 02)2105-2886

** 정 회 원 : 김우선, firstkim@kmi.re.kr 02)2105-2889

*** 정 회 원 : 하태영, haty@kmi.re.kr 02)2105-2887

Table 1 Yard tractor number per container crane in container terminal

구분	C/C 대수	YT 대수	C/C당 YT 대수
자성대	13	63	4.8
신선대	12	73	6.1
감만	14	80	5.7
신감만	7	36	5.1
우암	5	20	4.0
감천	4	20	5.0
광양 1단계	9	44	4.9
광양 2단계 1차	6	35	5.8

본 연구에서는 먼저 C/C와 야드 크레인에 대한 YT의 작업을 대기이론을 이용하여 대기 네트워크로 모형화하였다. YT의 대기모형만 하더라도 여러 가지 변수에 의해서 매우 복잡하므로 해석적으로 분석하기가 쉽지 않으며, 선박, 크레인 등의 고객과 서버가 복잡하게 혼합되어서 서비스 구조를 단순화하여 분석하기가 어렵다(Lai & Lam, 1994). 그러므로 본 연구에서는 이 대기 네트워크를 분석하기 위한 방법으로 시뮬레이션 방법을 사용하였다.

시뮬레이션 방법을 적용하기 위해 부산항의 신선대 컨테이너 터미널을 대상으로 2002년 선박도착분포 및 C/C 작업 처리량을 분석하여 시뮬레이션 분석을 하였다. YT의 할당대수에 대한 선석과 야드 작업지점간의 거리와 YT의 주행속도를 변수로 하여 민감도 분석을 하였다. 민감도 분석에서 YT의 작업지점간 이동거리와 주행속도에 따라 소요대수가 변화되며, 실제 보유해야할 YT의 대수를 제시하고자 한다.

2. 컨테이너 터미널에서의 대기 네트워크

일반적으로 대기 시스템은 고객집단에서 고객이 출발하여 대기행렬에 도착한 후 요구하는 서비스를 서버로부터 받은 뒤 시스템을 나가는 것으로 표현된다. 컨테이너 터미널에서 선박 작업과 관련하여 선박의 대기행렬과 YT의 대기행렬, YT를 기다리는 C/C의 대기현상이 서로 연결되어 있는 복합 대기네트워크(Mixed Queuing Network)를 형성한다(Legato & Mazza, 2001).

컨테이너 터미널에서 발생하는 선박의 대기는 접안시설인 선석의 부족 또는 배후의 야드 부족에 의하여 발생할 수 있다. 따라서 선박의 체선현상은 안벽과 야드를 고려한 다중경로·다중과정(Multiple Channel·Multiple Phase)의 대기행렬 모형이다. 그러나 최근에는 새로운 컨테이너 터미널의 건설과 기존 시설의 확장으로 야드 공간 부족으로 인한 체선현상은 거의 발생하지 않으므로 선석의 부족만을 고려한 다중경로·단일과정(Multiple Channel·Single Phase)을 가지는 대기모형으로 볼 수 있다. 그리고 YT의 대기행렬은 작업을 할당받은 특정한 C/C와 트랜스퍼 크레인에 의해 각각 작업을 위한

대기가 발생하므로 단일경로·단일과정(Single Channel·Single Phase)을 가지는 대기모형이다. 따라서 선박 대기모형의 경우 Fig. 1과 같이 터미널의 빈 선석이 있을 경우 즉시 접안하고, 빈 선석이 없을 경우 묘박지에서 대기행렬을 형성한다. 선석을 점유한 후에는 C/C에 의해 서비스를 받은 후 출항하게 되는 개방형 네트워크를 형성한다. 선박이 접안하여 C/C가 작업을 시작하게 되면 YT가 도착하여 컨테이너를 싣고 야드로 운반하는 작업을 수행한다. 그리고 야드에서 트랜스퍼 크레인에 의해 작업을 받은 후 다시 다음 작업을 위해 C/C에게로 돌아오게 된다. 이때 C/C가 작업 중이면 대기행렬을 형성한다. Fig. 2와 같이 YT는 일정수가 야드와 선석간을 순환하게 되므로 폐쇄형 네트워크를 형성한다.

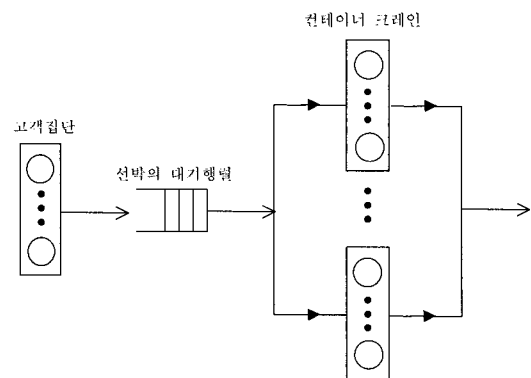


Fig. 1 Queuing model of vessel

C/C의 하역능률을 분석하기 위해서는 이러한 대기네트워크를 고려하여 C/C가 적하작업용 YT를 기다린 시간과 양하작업용 YT를 기다린 시간을 구하여 C/C의 평균대기시간을 구한다. 또한 YT측면에서는 YT가 C/C의 서비스를 받기 위해 기다린 평균 대기시간도 구할 수 있다.

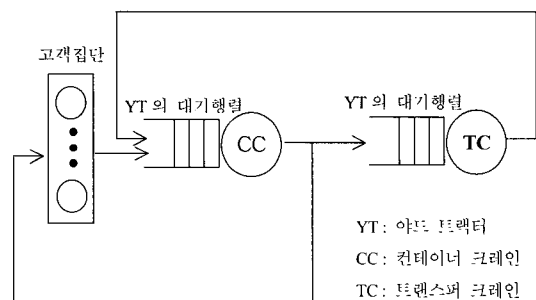


Fig. 2 Queuing model of yard tractor

컨테이너 터미널에서의 컨테이너 화물의 흐름은 1) 안벽에서 선박에 컨테이너를 싣거나 내리는 본선작업, 2) 안벽과 야드간의 YT를 이용한 이송작업, 3) 야드에서의 컨테이너 보관, 4) 외부 트럭에 의한 내륙으로의 연계수송 등의 4단계의 흐름을 가지며, 4단계 각각은 타단계의 능력과는 서로 다른 화물처리능력을 보이고 있다(윤, 1996). 즉, 컨테이너 운송과정은 화물처리능력이 가장 작은 2)단계의 YT에 의한 이송작업에

의해 지배됨으로써 능력이 이미 최대한 하역작업인 1)단계를 확대시켜서는 전체능력을 증대시킬 수 없고, 가장 작은 부분의 능력을 개선시킴으로써만 전체의 능력을 증대시킬 수 있다. 터미널 전체의 능력은 2)단계의 YT의 이송작업 능력이 4)단계의 내륙연계수송과 능력이 같아 질 때까지 2)단계의 능력을 증대시키도록 계속해서 개선할 수 있다. 따라서 2)단계의 이송작업을 향상시키기 위한 YT의 적정 대수를 산출하기 위해 YT의 이송작업에 영향을 미치는 YT의 할당 대수와 운행 속도에 대해서 시뮬레이션 실험을 통한 민감도 분석을 하고자 한다.

3. 시뮬레이션 모델링

시뮬레이션 모델에서 컨테이너에 대한 이벤트는 Fig. 3과 같은 이벤트 흐름으로 이루어지며, 컨테이너 처리작업을 위한 C/C의 작업상태는 Table 2와 같이 4가지로 구분하였다.

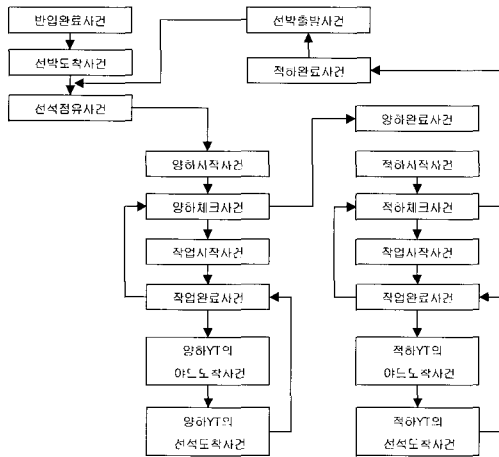


Fig. 3 Flow of events

Table 2 Work states of container crane

장비 상태	장비 작업 행동
idle	선적에 선박이 도착하지 않아서 작업이 없는 상태
work	순수하게 컨테이너를 처리하는 작업 상태
wait	목적 ship bay에 도착했으나 YT가 도착하지 않아 대기하고 있는 상태
move	할당받은 작업을 하기 위해 목적 ship bay로 이동하고 있는 상태

C/C의 4가지 작업상태 중에서 고장은 실제 작업을 위해 이동하고 있는 상태인 'move'와 순수하게 컨테이너를 처리하고 있는 상태인 'work'중에만 관측 가능하다고 가정하였으며, 이는 고장시점이 'idle'과 'wait'상태일지라도 그 고장의 관측시점은 'idle'과 'wait'상태 이후 가동상태인 'move'와 'work'상태에서 관측가능하기 때문이다.

이동 또는 작업 중 고장이 발생하면 고장의 종류에 따라 다

른 평균값을 가지는 수리시간을 지수 분포로 발생시키고 수리가 완료되면 다시 가동시킨다.

YT의 경우 작업상태가 7가지이며, 양하와 적하에 따라 상태변화가 반대방향으로 진행된다. 양하와 적하를 위한 상태속성은 다음과 같다.

Table 3 Definition of YT States

상태	상태속성	YT 상태 정의
대기	0	YT대기장소에 대기중인 상태(초기상태)
이동	1	YT대기장소에서 작업할 CC버퍼로 이동중인 상태
대기	2	CC버퍼 또는 CC작업동안 대기하는 상태
이동	3	CC버퍼에서 목적 블록으로 이동중인 상태
대기	4	YT가 야드의 작업지점에 도착해 있는 상태
이동	5	YT가 야드의 작업지점에서 CC버퍼로 이동중인 상태
이동	6	YT가 CC버퍼에서 YT대기장소로 이동중인 상태

YT의 상태속성들은 YT의 통계량인 각종 대기시간의 값을 YT에 대한 속성값으로 계산하기 위해 정의한 것이며, YT가 이동할 경우에도 이동할 목적지를 구분하여 이동 모드를 결정하게 되며, 이동 모드는 다음 Table 4와 같이 YT대기장소와 CC버퍼간의 이동, 선적과 야드간의 이동에 따라 구분하였다.

Table 4 Modes of YT travel

이동 모드	YT대기장소와 CC버퍼간 이동	선적과 야드간 이동
Mode = 0	YT대기장소 -> CC버퍼	선적 -> 야드
Mode = 1	CC버퍼 > YT대기장소	야드 -> 선적

4. 시뮬레이션 분석

4.1 실험 전제 조건

2002년에 신전대 컨테이너터미널에 입항한 선박들에 대한 도착시간간격 분포를 히스토그램으로 나타내면 Fig. 4와 같다. 선박의 평균 도착시간 간격은 5.766시간이며, 시간당 0.1734대가 입항한 것으로 분석되었다.

Table 5는 2001년과 2002년 2년간의 선박정보를 분석한 것이며, 여기서는 선형을 6개의 등급으로 분류하였으며, 각 선박 척수와 비율에 따라 선박의 LPC(Lift per Call) 범위, 선박의 길이 범위 및 크레인 할당대수 범위를 결정하여 입력에서 사용하였다. 2년간 입항한 선박의 선박당 작업 컨테이너 개수인 평균 LPC는 958.8이었다. 따라서 선형별 비율에 따라 입항하는 선박에 대해서 LPC, 선장, 크레인 할당대수 등을 설정하여 선박의 집안, 크레인 할당 등을 하게 된다.

컨테이너터미널의 야드 트랙터 소요대수 추정

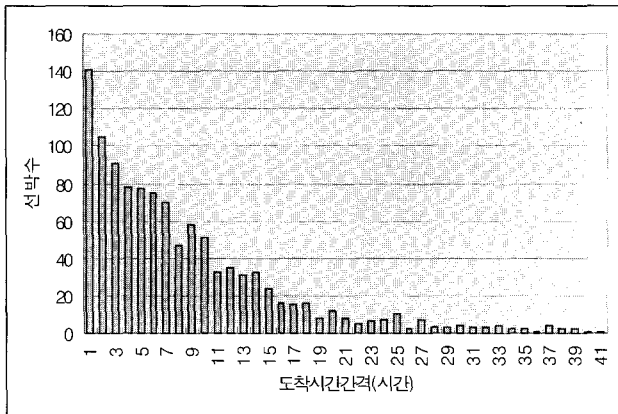


Fig. 4 Interarrival time distribution of total vessel in 2002

Table 6 Input data for simulation experiment

항목구분	입력항목	2002년도
실적자료	수출 컨테이너 물량(TEU)	419,406
	수입 컨테이너 물량(TEU)	440,515
	환적 컨테이너 물량(TEU)	668,364
	TEU/VAN 비율	1.53
운영 정책	총 입항 선박수	975
	반입 허용시작시간	선박도착 4일 전
	반입 허용마감시간	선박도착 10시간 전
장비특성	C/C당 평균 YT 할당대수	4
	YT 운행속도(km/h)	20
	C/C 주행속도(km/h)	2.7
	C/C 작업시간(초)	N(112.8, 31.2)

Table 5 Vessel Information

선형	선박 척수	비율 (%)	LPC			선장		크레인 할당	
			최소	평균	최대	최소	최대	최소	최대
1	30	1.51	2500	3000	3500	300	350	4	5
2	283	14.24	1500	2000	2500	270	300	3	4
3	398	20.03	1000	1250	1500	260	280	3	3
4	597	30.05	600	800	1000	250	270	2	3
5	352	17.72	400	500	600	220	250	2	3
6	327	16.46	200	300	400	180	220	2	2
합계	1987	100.00	평균LPC = 958.8						

실험대상 컨테이너터미널로 선정된 신선대 컨테이너터미널은 안벽길이 1,200m인 총 4개 선석에 11기의 C/C(16열 C/C 8기와 18열 C/C 3기)를 갖추고 있으며, 야드와의 연계 및 컨테이너 이송을 담당하는 YT가 73대 있고, 야드작업은 4단 6열의 야드 크레인을 사용하고 있다. 신선대 컨테이너터미널의 하역시스템을 간략히 표현하면 Fig. 5와 같다.

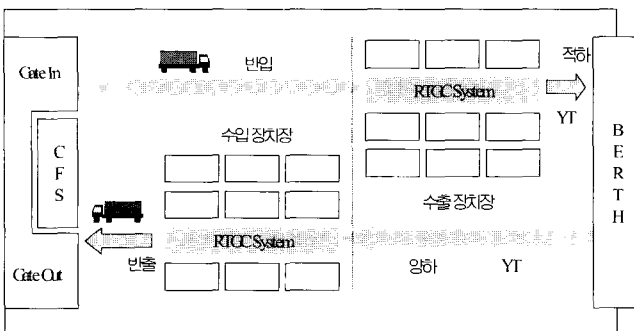


Fig. 5 Stevedoring System of PECT

시뮬레이션 실험을 위한 입력자료는 Table 6과 같이 컨테이너터미널의 실제 관측값인 실적자료 항목과 시스템의 운영을 반영하는 운영정책 항목, 그리고 장비의 특성 항목 등이 사용되었다.

시뮬레이션 실험은 시스템을 초기에는 빈 그리고-한가한 (Empty-and-Idle) 상태로 초기화하여 준비기간(Warm-Up Period)을 1주일로 하였으며, 준비기간 1주일 이후부터 통계량을 수집하였고 4주간의 시뮬레이션 실행을 각 실험 대안별로 25회 반복 실험하였다.

4.2 실험 결과 분석

C/C의 하역능률에 영향을 미칠 수 있는 여러 요소들 중에서 C/C 당 할당된 YT의 수를 산정하기 위해 선석과 야드 사이의 거리, YT의 속도를 평가척도로 하여 분석을 하였다.

(1) 선석과 야드간의 거리

선석과 야드 간의 거리가 100m, 150m, 250m, 350m로 주어졌을 때 크레인에 할당된 YT의 수를 2~6대까지 변화시키면서 크레인과 YT의 대기시간을 비교해 보았다.

Table 7 Waiting times by changing travel distance(unit:sec.)

거리(m)	항목 YT대수	YT 평균대기 시간	CC 대기시간			CC와 YT 대기시간 의 합	CC와 YT 대기시간 의 차이
			양하평균	적하평균	전체평균		
100	2대	29.1	191.7	118.3	155.0	184.1	(125.9)
	3대	54.8	90.9	47.9	69.4	124.2	(14.6)
	4대	93.5	38.3	15.1	26.7	120.2	(66.8)
	5대	167.1	12.8	3.2	8.0	175.1	(150.1)
	6대	261.5	5.3	1.6	3.4	264.9	(258.1)
	150	2대	27.6	211.1	135.9	173.5	201.1
3대		52.9	99.9	76.5	76.5	129.4	(35.3)
4대		88.2	46.2	33.4	33.4	121.6	(48.4)
5대		145.3	16.3	10.7	10.7	156.0	(131.8)
6대		240.6	7.5	4.8	4.8	245.4	(234.5)
250		2대	25.8	246.7	167.7	207.2	233.0
	3대	47.8	118.7	79.6	99.1	146.9	(51.4)
	4대	75.5	62.9	34.7	48.8	124.3	(26.7)
	5대	118.5	29.9	11.0	20.5	139.0	(98.1)
	6대	198.7	9.8	2.8	6.3	205.0	(192.4)
	350	2대	25.2	280.5	206.0	243.3	268.5
3대		44.4	141.4	104.6	123.0	167.4	(78.6)
4대		68.4	78.7	49.0	63.9	132.3	(4.6)
5대		100.1	42.9	20.2	31.5	131.6	(68.6)
6대		152.1	18.1	7.3	12.7	164.8	(139.4)

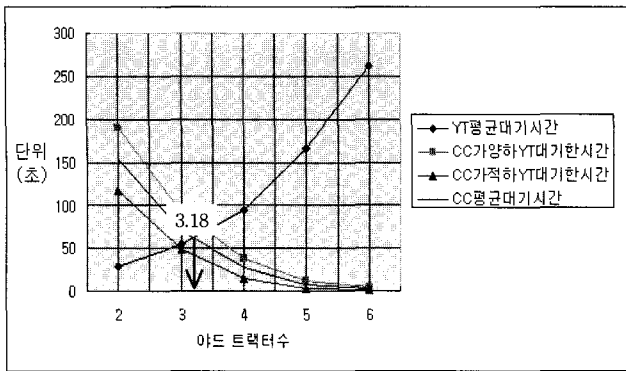


Fig. 6 In case of 100m distance

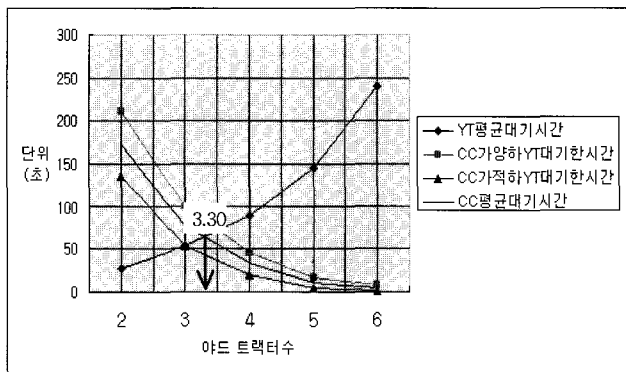


Fig. 7 In case of 150m distance

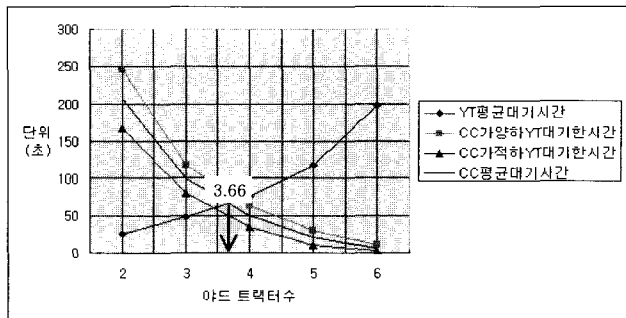


Fig. 8 In case of 250m distance

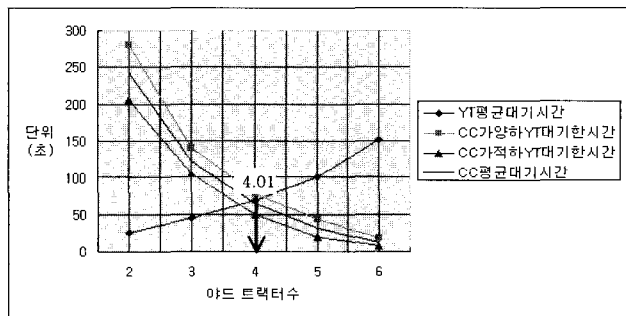


Fig. 9 In case of 350m distance

위의 그림에서 선석과 야드의 거리가 150m일 때는 C/C 한 대 당 할당해야 할 YT의 수가 3.3대, 250m일 때 3.7대, 350m일 때 4.0대가 적합하다는 것을 알 수 있었고, 150m일 때의 할당 대수는 100m일 때의 값과 큰 차이가 없었다.

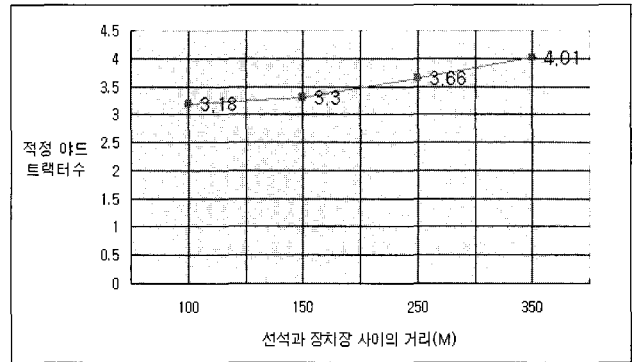


Fig. 10 The number of yard tractor through distance between berth and yard

(2) YT의 속도

YT의 속도는 컨테이너터미널에서 운행 기준속도인 20km/h(약 5m/second)에 실제 관측을 통해 분석된 초과 운행 속도인 22km/h, 24km/h, 26km/h를 대안의 범위로 고려하여 YT의 할당 대수를 2~6대까지 변화시키면서 크레인과의 대기시간을 비교해 보았다.

Table 8 Waiting times by changing travel speed(unit:sec.)

항목 속도(km/h)	YT대수	YT 평균대기시 간	CC 대기시간			CC와 YT 대기시간의 합	CC와 YT 대기시간의 차이
			양하평균	적하평균	전체평균		
22	2대	27.0	166.9	103.8	135.4	162.4	(108.4)
	3대	52.8	73.0	39.8	56.4	109.2	(3.6)
	4대	97.8	28.9	9.2	19.1	116.9	(78.8)
	5대	179.8	9.7	1.6	5.7	185.5	(174.2)
	6대	300.9	3.3	1.2	2.3	303.2	(298.7)
24	2대	26.4	142.5	78.6	110.6	137.0	(84.2)
	3대	55.2	58.9	21.8	40.4	95.6	(14.9)
	4대	118.9	19.3	2.4	10.9	129.8	(108.1)
	5대	220.7	3.6	0.9	2.3	223.0	(218.5)
	6대	313.8	2.6	0.8	1.7	315.5	(312.1)
26	2대	26.3	124.7	63.0	93.9	120.2	(67.6)
	3대	60.2	41.7	12.5	27.1	87.3	(33.1)
	4대	131.9	11.9	1.2	6.6	138.5	(125.4)
	5대	236.6	3.1	0.8	2.0	238.6	(234.7)
	6대	335.8	2.4	0.7	1.6	337.4	(334.3)

컨테이너터미널의 야드 트랙터 소요대수 추정

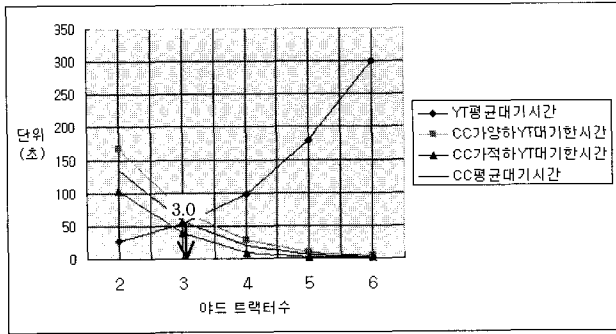


Fig. 11 In case of 22km/h speed

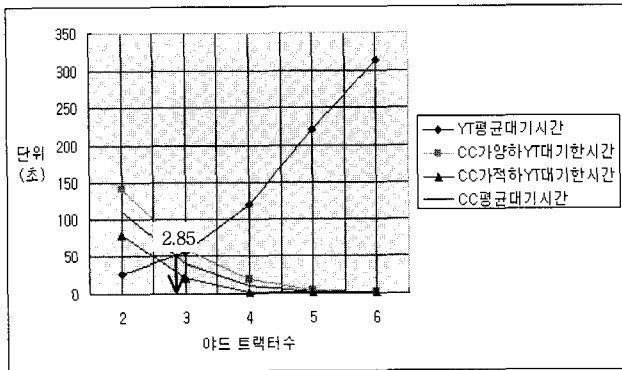


Fig. 12 In case of 24km/h speed

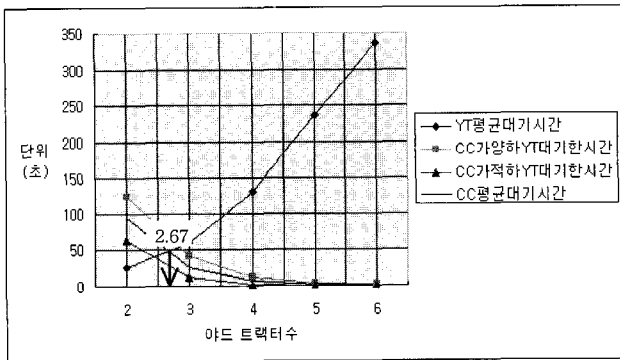


Fig. 13 In case of 26km/h speed

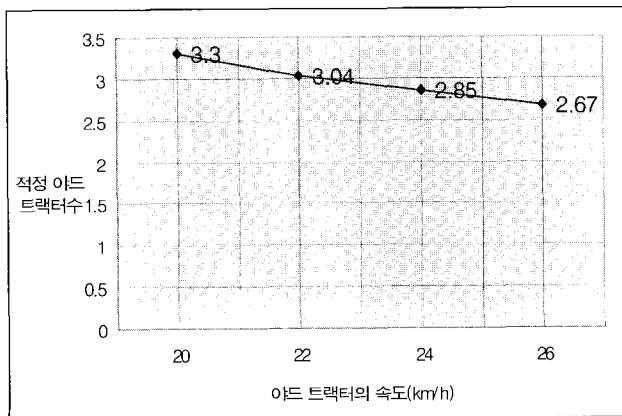


Fig. 14 The feasible number of yard tractor through speed

Fig. 10에 의하면 선석과 정지장 사이의 거리 측면에서는 YT의 수가 4대가 적정한 것을 볼 수 있으며, Fig. 14에 의하면 평균 속도가 20km/h인 YT를 4대씩 할당할 결과는 속도를 22km/h로 향상하고 YT를 한 대 줄여서 3대씩 할당한 결과와 비교해 볼 수 있다. 2002년도와 같은 상황에서는 YT를 4대씩 할당하는 것보다 3대씩 할당하고 속도를 조금 향상시키는 경우가 훨씬 경제적인을 추정해 볼 수 있다.

Table 9는 YT 속도가 20km/h, 선석과 야드의 평균 거리가 150m인 경우에 C/C 1대당 YT의 대수를 2대부터 6대까지 증가시켜 선석 점유율과 크레인의 가동률을 구한 값이다. 표에서 YT대수가 증가할수록 선석 점유율과 크레인 가동률이 감소하는 현상을 확인할 수 있고 이것은 실제 터미널운영에서도 YT대수를 증가시켜 선석 점유율과 크레인 가동률을 낮출 수 있음을 의미한다.

Table 9 Comparison of berth occupancy and crane utilization

YT 수	선석 점유율(%)	크레인 가동률(%)
2	74.84	77
3	56.86	54
4	48.23	43
5	40.98	37
6	39.63	36

컨테이너 터미널측이 유지하고자 하는 선석 점유율을 기준으로 Fig. 15와 같이 선석 점유율이나 적정한 크레인의 가동률을 비교해 보면서 할당할 YT의 대수를 결정할 수 있다.

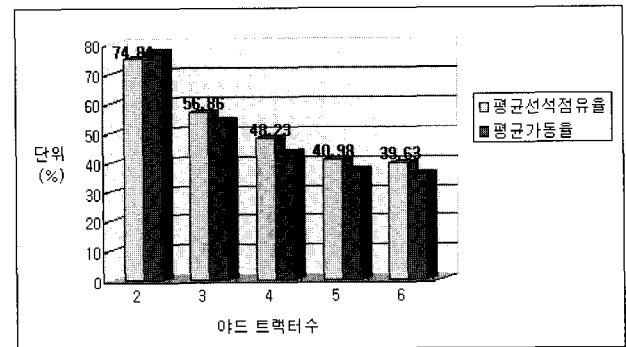


Fig. 15 Berth occupancy rate and crane utilization through the number of yard tractor

본 연구에서는 C/C 한 대당 할당할 YT의 수를 결정하기 위해서 C/C와 YT 상호간의 대기시간을 구해 보았고, 선석 점유율과 C/C 가동률을 비교해 보았다. Fig. 15와 같이 YT의 수가 증가할수록 C/C가 YT를 대기하는 시간은 줄어들게 되지만, YT는 C/C 앞에서 대기해야 하는 시간이 반대로 증가하게 된다. 따라서 두 장비간의 상호 대기시간을 고려해 볼 때 2002년도 물동량이라면 C/C 한 대 당 3.3 ~ 3.5 대의 YT를 할당하는 것이 효율적이라 할 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 컨테이너 터미널에서 C/C와 야드 크레인간의 컨테이너 이송을 담당하는 YT의 소요대수를 산출하기 위하여 시뮬레이션 방법을 사용하였다. 시뮬레이션 모델은 안벽의 선박의 대기모형과 C/C와 야드 크레인간의 YT의 대기모형을 반영한 대기네트워크로 형성하였다. 개발된 시뮬레이션 모델을 이용하여 C/C의 하역능률에 영향을 미치는 YT의 대수를 구하기 위해서 선석과 야드 사이의 거리와 YT의 속도에 대해서 민감도 분석을 하였다.

국내 컨테이너터미널의 경우 YT 보유대수가 C/C 당 평균 5대 정도 보유하고 있으며, 실제 작업에는 4대씩을 할당하고 있다. 시뮬레이션 실험결과 선석과 야드간의 거리 변화에 대해서는 3대 이상이 필요하여 C/C당 4대가 할당되어야 하며, YT 속도 변화의 경우 22km/h 이내에서는 3대 이상이 필요하여 C/C당 4대가 할당되어야 하지만 24km/h 이상부터는 3대 이하가 필요하여 3대가 할당되어도 되는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- [1] 윤영철(1996), “컨테이너 터미널 사용자 비용을 최소화 하는 선석과 크레인의 최적구성에 관한 연구”, 공학석사 학위논문, 한국해양대학교.
- [2] 윤원영, 최용석, 송진영, 양창호(2001), “컨테이너 터미널에서 컨테이너 크레인의 하역능력 추정에 관한 시뮬레이션 연구”, IE Interfaces, 14(1), 67-78.
- [3] 부산항만공사(2004), 2004년도 컨테이너화물 유통추이 및 분석.
- [4] Lai, K.K. and Lam, K. (1994), “A Study of Container Yard Equipment Allocation Strategy in Hong Kong”, International Journal of Modeling & Simulation, 14(3), 134-138.
- [5] Legato, P. and Mazza R.M.(2001), “Berth Planning and Resources Optimization at A Container Terminal via Discrete Event Simulation”, European Journal of Operational Research, 133(3), 537-547.
- [6] Watanabe, I. (1991), “Characteristics and Analysis Method of Efficiencies of Container Terminal An Approach to the Optimal Loading/Unloading Method”, Container Age, March, 36-47.
- [7] Yun, W. Y. and Choi, Y. S. (1999), “A Simulation Model for Container-terminal Operation Analysis using An Object-oriented Approach”, International Journal of Production Economics, 59, 221-230.

원고접수일 : 2004년 11월 3일

원고채택일 : 2004년 8월 2일