

컨테이너 터미널의 효율적인 듀얼 사이클을 위한 야드 운영

정창윤* · † 신재영

*한국해양대학교 물류시스템학과 대학원, † 한국해양대학교 물류시스템학과 교수

Efficient Yard Operation for the Dual Cycling in Container Terminal

Chang Yun Chung* · † Jae Young Shin

*Graduation school of Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

† Department of Logistics Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 최근 컨테이너 터미널의 관리자들은 안벽의 생산성을 높이기 위해서 양·적하를 동시에 할 수 있는 더블 사이클이나 듀얼 사이클을 시도하고 있다. 하지만 실제 터미널의 데이터를 이용하여 듀얼 사이클을 발생시켰을 경우 YT(Yard Tractor) 배정 방법이나, QC(Quay Crane)의 작업의 속도, 야드의 수출컨테이너 위치 등에 따라 효율성이 저하될 수 있다. 특히 기존의 야드 운영방식으로는 듀얼 사이클이나 더블 사이클을 효율적으로 지원하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 실제 터미널에서 듀얼 사이클을 사용할 때 효율성을 더 높일 수 있는 터미널 야드 운영방법을 제시한다. 모형은 시뮬레이션 분석 소프트웨어인 Arena를 이용하여 수립되었다.

핵심용어 : 컨테이너 터미널, 더블 사이클, 듀얼 사이클, 야드 운영, 시뮬레이션

Abstract : Recently, container terminal managers make an experiment on the double cycle and dual cycle operation, which ship loading and unloading were carried out simultaneously, for increasing the productivity of quay side. If, however, we make an experiment on dual cycle operation in a real job site, the efficiency is poor up to terminal operation method as YTs(Yard Tractors)' allocation method, QCs(Quay Cranes)' working speed, and position of export containers. Especially, using the existing yard operation method, it is difficult to support to dual and double cycle operation. Therefore, this paper examine more efficient terminal operation method, when terminal uses dual cycle operation. We developed a simulation model using simulation analysis software, Arena.

Key words : container terminal, double cycle, dual cycle, yard operation, simulation

1. 서 론

최근 해상운송에 있어서 초대형선의 등장과 함께 항만에서는 보다 효율적인 안벽 작업을 위하여 더블 사이클이나 듀얼 사이클이 사용되고 있다. 더블 사이클은 하나의 안벽 크레인(Quay Crane: QC)이 양·적하 작업을 동시에 처리하여 생산성을 높이는 방식이다. 그리고 듀얼 사이클은 서로 다른 QC가 있을 때 하나는 적하 하나는 양하 작업을 하고 있다면 그 두 QC에 대해 동일한 야드 트랙터(Yard Tractor : YT)를 할당하는 방식이다.

더블 사이클이나 듀얼 사이클은 이미 일부 선진 터미널에서 시행되고 있고, 그에 따른 많은 연구가 진행되고 있다. 선행 연구를 살펴보면, Goodchild and Daganzo(2006, 2007)는 크레인 더블 사이클 운영의 양·적하 작업 순서를 결정하기 위한 효율적인 알고리즘을 제시하고 더블 사이클 운영의 도입이 컨테이너 터미널에 미치는 영향을 평가하였다. 송(2007)은 기존의 연구가 우리나라 실정에 맞지 않다고 판단하여 작업 모선의 컨테이너 적재 상황에 따라 더블 사이클 최적 시작지점

을 산출하는 공식을 제시하고, 이를 위한 두 가지 야드 운영 방안을 제안하였다. 정·신(2009)은 기존에 연구된 더블 사이클과는 다른 듀얼 사이클 방식에 대해서 유전알고리즘과 타부 서치를 이용하여 새로운 QC 일정계획을 제시하였다. Zhang and Kim(2009)은 듀얼 사이클 횟수를 최대화하기 위해서 변형된 존슨규칙과 로컬 서치방법을 통합하는 하이브리드 휴리스틱을 제시하고, 실제 데이터를 이용하여 효율성을 검증하였다. 지금까지의 연구는 주로 안벽에서의 운영에 대해 야드에서의 추가적인 정체가 없을 것으로 가정하고 시행된 연구들이었다.

하지만 안벽 크레인이 야드 트랙터를 기다리는 시간을 고려한다면 기존의 계획이 완벽하게 유지되는 것을 기대하기는 어렵다. 결국 듀얼 사이클이나 더블 사이클은 야드의 운영방식이 얼마나 뒷받침되느냐에 따라서 효율성이 달라질 수 있을 것이다. 따라서 본 논문에서는 야드의 배치방법(수출, 수입 블록을 나누는 방법)과 할당방법(컨테이너를 할당하는 방법)을 다양하게 조합하여 새로운 야드의 운영방법을 정의하고 각각의 방법들이 더블 사이클과 듀얼 사이클에 적합할 수 있는지

* 연회원, ccy1443@hhu.ac.kr 010)6400-7974

† 교신저자 : 종신회원, shinjy@hhu.ac.kr 051)410-4335

를 살펴보겠다.

2. 듀얼 사이클과 야드 운영방법

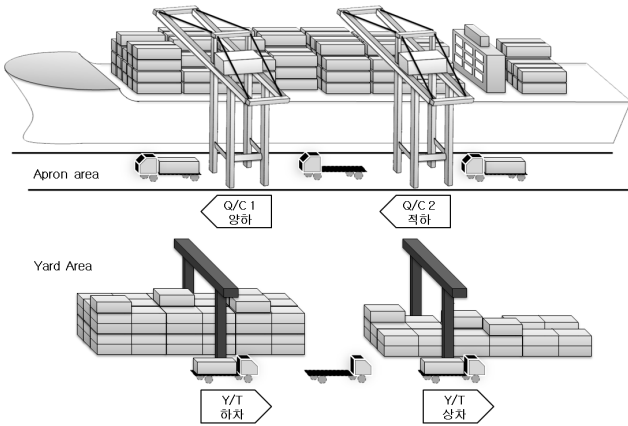


Fig. 1 Unloading and loading with dual cycling

기존의 터미널의 운영 시스템에서는 양하를 모두 마친 후 적하를 시작하게 된다. 이에 반해 YT 듀얼 사이클 작업은 Fig. 1과 같이 안벽(Apron)에서 적하와 양하를 동시에 하는 방법이다. 야드에서도 동일한 두 번의 작업이 이루어진다. 그리고 이러한 작업이 원활하게 이루어지기 위해서는 야드에서의 추가적인 정체가 없어야 한다. 즉, 야드의 배치와 운영규칙에 따라 효율성의 차이가 클 수 있다.

2.1 야드 배치 방법

일반적인 터미널의 야드는 Fig. 2와 같이 블록과 레인으로 구성된다. 블록과 레인은 각각 알파벳과 숫자로 명명한다. 화살표는 터미널 YT의 진행 방향으로 보통 블록 간의 세로 통로는 왕복 주행이 가능하고, 레인 간의 가로 통로는 일방통행이다. 따라서 Fig. 1과 같이 듀얼 사이클을 원활하게 운영하기 위해서는 YT의 주행방향도 고려해야한다.

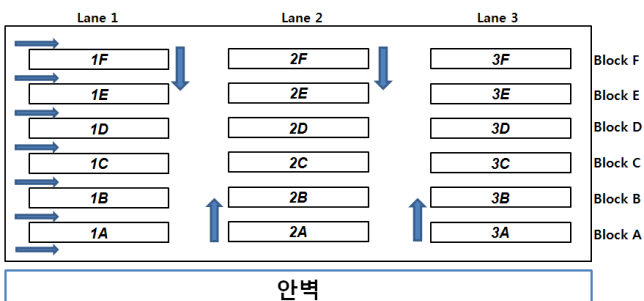


Fig. 2 Yard block and lane

컨테이너터미널의 야드 배치방법이나 공간활당에 대한 연구들은 상당히 많았다, 하지만 듀얼 사이클이나 더블 사이클

은 야드의 작업 방식이 기존의 방식과는 많이 다르기 때문에 기존의 방식과는 다른 방법이 필요하다. 듀얼 사이클을 위한 야드 배치방법은 크게 수출 블록과 수입 블록을 각각 다른 블록으로 나누는 방법과 한 블록 내에서 수직 수평으로 수출입 컨테이너를 할당하는 방법으로 나눌 수 있다.

1) 블록별 수평 배치

블록별로 수출입 컨테이너를 할당하는 방법으로 수출 전용 블록, 수입 전용 블록을 어떠한 방법으로 배치할 것인지가 중요하다.

기존의 방식은 수출, 수입 블록을 해측과 육측으로 나누어 사용하였으나, 아래의 Fig. 3과 같이 Lane 별로 나누어 사용하게 된다면 듀얼 사이클 효과를 높일 수 있을 것으로 기대된다. 일반적인 터미널의 경우 블록간의 YT 주행방향이 일방통행이기 때문에 YT의 주행방향에 맞게 수출 블록과 수입 블록을 배치하면 듀얼 사이클을 효과적으로 운영할 수 있다.

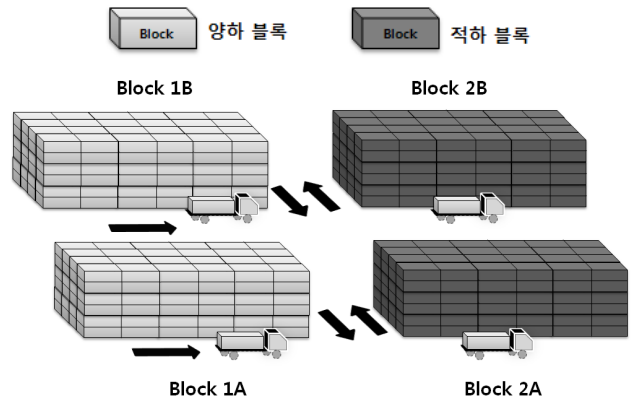


Fig. 3 Horizontal layout by block by block

2) 블록 내 수직 배치

블록 내 수직 배치는 Fig. 4와 같이 하나의 블록에 수출 컨테이너와 수입 컨테이너를 혼합하여 장치하고, 각 블록을 안벽과 수직되는 방향으로 나누어 야드를 운영하는 형태이다. RTGC(Rubber Tyred Gantry Crane)를 사용하는 터미널의 경우 블록의 Row 수가 6개이고 작업 시 YT의 주행로로 인해 하나의 Row를 비우게 되는데, 이 때문에 블록에서 실제 사용할 수 있는 Row의 수는 5개로 한정된다. 블록 내 수직 배치의 경우 RTGC를 사용하여 Row의 수가 적은 경우에도 적용할 수 있다. 역시 YT 주행방향을 고려해서 컨테이너를 할당해야 한다. 한 블록에 RTGC나 RMGC(Rail Mounted Gantry Crane) 2대를 할당하여 운영한다면, 효율성을 더 높일 수 있다. Bay별로 좀 더 세밀하게 나누어 사용할 수도 있지만 야드 관리가 복잡해지기 때문에 아래 Fig. 4와 같이 두 부분으로 나누는 것이 적당하다.

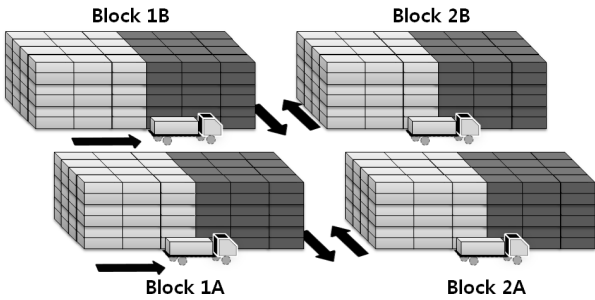


Fig. 4 Vertical layout within a block

3) 블록 내 수평 배치

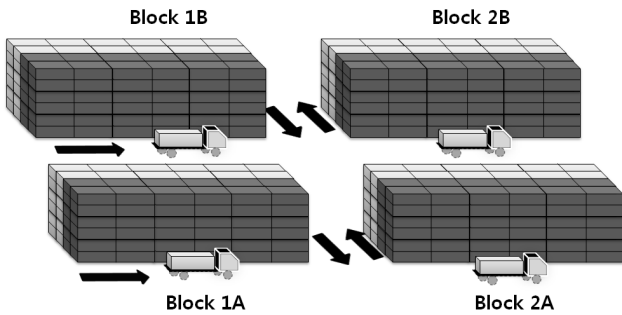


Fig. 5 Horizontal layout within a block

블록 내 수평 배치는 Fig. 5와 같이 하나의 블록에 수출 컨테이너와 수입 컨테이너를 혼합하여 장치하고, 각 블록을 안벽과 수평이 되는 방향으로 나누어 야드를 운영하는 형태이다. 한 블록의 Row의 수가 적은 RTGC를 사용하는 터미널에서는 사용하기 어렵지만, Row의 수가 10개인 RMGC에는 사용할 수 있는 배치 방법이다. 만약 양·적하 컨테이너가 하나의 Bay에 할당된다면 YT가 한 번의 정차로 두 번의 작업을 할 수 있어서 효율성이 극대화 될 수 있다.

2.2 야드 할당 방법

작업 물량을 야드에 배분할 때 얼마나 분산되는지에 의해서 효율성이 달라 질 수 있다. 보통 양하 작업 시 하나의 블록으로 묶어서 작업하는 경향이 있다. 그리고 적하 작업은 적하 컨테이너가 블록의 여러 곳에 있을 수도 있고 그렇지 않을 수도 있기 때문에 마샬링(marshalling) 작업에 따라 효율성이 다를 수 있다. 작업 물량을 많이 분산 시키면 각 장비들을 끌고 루 사용할 수 있어서 한 곳에 집중되는 것보다 대기 시간 측면에서 유리할 수 있다 그러나 YT의 주행거리가 길어져서 오히려 생산성이 저하 될 수도 있다.

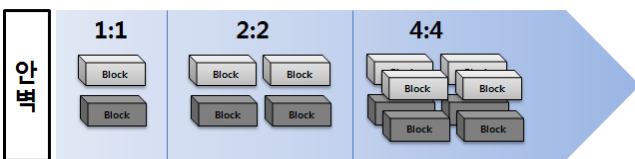


Fig. 6 degree of dispersing container in yard

본 논문에서는 Fig. 6과 같이 양·적하 작업을 야드에 분산하고, 앞서 제시한 야드 배치방법을 조합하여 새로운 야드 운영방법을 제시하고, 현재 터미널에서 일반적으로 사용되는 야드 운영방법과 비교를 통하여 그 효율성을 검증하겠다.

3. 시뮬레이션 모형

시뮬레이션을 사용하여 터미널의 생산성 및 운영방법의 효율성을 측정하는 연구는 국내외에서 많이 찾아볼 수 있다. 또한 야드 배치, 야드 블록의 크기산정, 야드장비, 이송장비의 운영에 대한 연구도 많이 진행되고 있다.

Kim et al.(2008)은 ODCY와 컨테이너 터미널 야드의 적정 블록 길이와 통로 공간을 산정하는 모형을 제시하였다. 평가 함수에는 트럭의 이송비용과 TC의 이동 비용이 고려되었고, 실제 데이터를 이용하여 효율성을 검증하였다. 그리고 Petering and Murty(2009)는 야드 블록의 길이와 TC의 할당 방법에 따라서 터미널 전체 생산성이 어떻게 달라지는지를 시뮬레이션을 통해 검증하였다. Zeng and Yang(2009)은 적하 작업을 위한 시뮬레이션 최적화 방법에 대해서 연구하였다. 적하 컨테이너의 작업 순서를 유전 알고리즘을 통해서 개선하고, 시뮬레이션을 이용하여 평가하였다. 인공 신경망을 이용한 대체 모델을 사용하여 시뮬레이션 모형의 실행시간을 줄이는 방법도 제시하였다.

시뮬레이션 기법을 이용한 국내 연구를 살펴보면, 장·이(2002)는 일반적인 컨테이너 터미널의 시뮬레이션 모형을 제시하고, 선박투입 규칙, 선석할당 규칙, 크레인 할당 규칙 등을 달리하는 3가지 대안을 제시하고 평가하였다. 하 외(2004)는 수직블록배치형태를 가지는 자동화 터미널에서 안벽과 야드의 연계작업을 수행하는 이송장비(AGV)에 대한 시뮬레이션 모델을 수립하고 다양한 환경에서 생산성을 분석하였다. 배 외(2008)은 이송과 하역을 수행할 수 있는 새로운 장비인 ALV(Automated Lifting Vehicle)를 사용하는 터미널 시스템을 시뮬레이션 모형으로 구축하였다.

이상에서 제시한 논문들은 싱글 사이클을 고려하여 연구하였다. 하지만 듀얼 사이클을 위한 야드의 운영방법은 기존의 방법과는 차이가 있기 때문에 본 논문에서는 듀얼 사이클을 최대한 지원하기 위한 야드 운영 방법을 시뮬레이션을 통하여 검증하고자 한다.

3.1 시뮬레이션을 위한 가정과 모수

본 논문에서는 시뮬레이션을 수행하기 위해 다음과 같이 가정하고, 모수를 설정하였다.

- 부산 신항의 실제 터미널과 동일한 구조를 가지는 가상의 터미널을 생성.
- TC(야드 크레인)의 대수는 블록 당 1대로 하고 작업속도는 삼각분포(75, 90, 105)초로 하였음.
- 18Hatch를 가지는 선박에 양하 물량 220개, 적하물량

358개를 적용하였음.

- QC 대수는 3대로 하고 작업속도는 삼각분포(45, 60, 70) 초로 하였음.
- YT는 QC당 3대로 설정하여 총 9대를 투입하고, 속도는 시속 20km를 적용하였음.

본 논문에서 실험을 위한 QC와 TC 작업시간은 전문가의 의견을 수렴하여 설정되었다. 그 중 QC의 작업시간의 실 데이터와 입력된 작업시간 데이터는 다음과 같다.

Table 1 QC and TC working time data

	평균(실제데이터)	평균(삼각분포)
QC	70.375	58.146

QC데이터의 경우 실제 데이터에 비해서 다소 적은 수치를 대입하였다. 실제 상황에서는 실험과는 달리 다른 부가적인 작업이나 터미널 사정, 선사의 요청 등으로 인하여 작업이 지연되는 경우가 많이 발생하기 때문이다. 본 논문에서는 이러한 추가적인 정체는 가정하지 않는다.

TC의 경우는 실제 작업시간을 추정하기에 더 어렵다. 보통 터미널에서는 TC에 작업 오더를 전달한 시간과 작업이 완료된 시간을 저장하는데, 이는 YT의 이동시간 및 다른 기타 작업들도 모두 포함되어 있기 때문에 본 논문의 입력 자료로 불충분하다. 또한 TC의 작업속도에는 리프트링이나 외부트럭에 대한 서비스와 같은 추가적인 시간이 포함되어야 한다. 실제로 터미널의 데이터를 이용하여 순수하게 TC의 작업시간을 추정하는 것은 무리가 있다. 그렇다고 TC의 제원상의 데이터를 그대로 이용하는 것도 본 논문의 시뮬레이션에 적합하다고 볼 수 없다. 왜냐하면 제원 상의 데이터는 하드웨어 상에서 최대 작업할 수 있는 작업량을 나타내므로 실제 운영 시 나타나는 작업시간과 많은 차이를 보이기 때문이다. 따라서 전문가의 의견을 통해서 삼각분포를 사용하였다.

3.2 야드 배치도

본 논문에서는 시뮬레이션을 수행하기 위한 야드 블록 배치도는 다음과 같다.

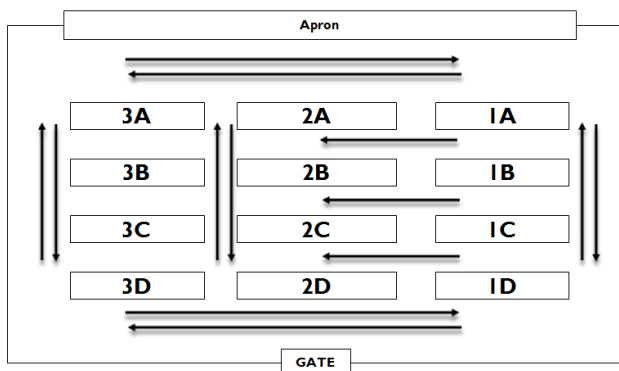


Fig. 7 Yard layout used for the experiment

Fig. 7과 같이 A-D까지 각각 3개의 레인을 가지는 총 16개의 블록을 설정하였다. 실제로 부산 신항의 여러 터미널들이 위와 같은 구조를 가진다. 기본적으로 블록사이의 수평통로는 일방통행이며 신항의 경우는 4차선으로 되어 있어서 통로에서 정체는 거의 없다고 할 수 있다. 수직통로는 양방향 주행이 가능하고, 추가적으로 안벽과 게이트의 수평 통로도 양방향 통행이 가능하다.

3.3 듀얼 사이클 운영의 활동 다이어그램

본 논문에서 사용한 시뮬레이션 모형은 다음과 같은 프로세스로 표현할 수 있다.

처음 선박이 도착하면 각 작업을 QC에 할당하면서 듀얼 사이클 여부를 결정한다. 순차적으로 세 QC와 YT진행방향을 고려하여 적·양하 작업이 듀얼 사이클이 가능한 경우 앞서 제시한 야드 운영방법과 분산정책에 따라서 작업에 야드 블록을 할당 한다. 야드에서는 요청한 YT의 작업이 듀얼 사이클인지 아닌지를 구분하여 듀얼 사이클의 경우 YT의 야드 방문순서에 따라 이동시키고 두 번의 TC 작업을 수행하고, 선적으로 적하 컨테이너를 이송하게 된다. 싱글 사이클의 경우에도 수입, 수출을 구분하여 야드에 할당한다. YT의 배정방법은 YT 요청이 있는 구역에서 가장 가까운 YT를 할당하는 룰을 적용하였다. 듀얼 사이클을 위해서는 야드에서 YT풀링 방식이 뒷받침 되어야하는데 이러한 룰을 적용하게 되면 자연스럽게 YT풀링 방법이 적용되게 된다.

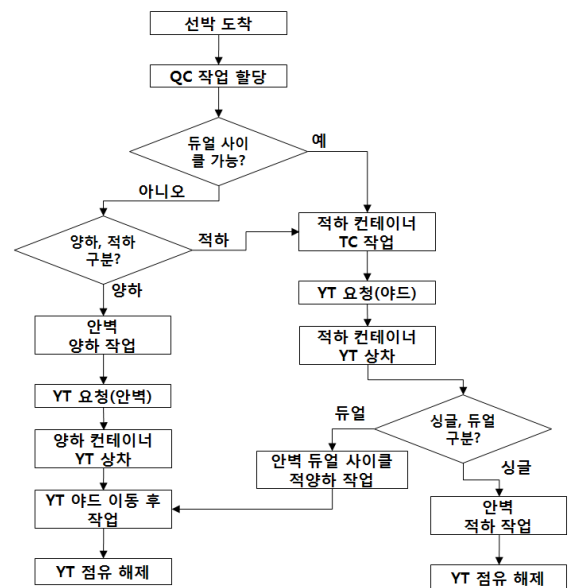


Fig. 8 Activity diagram used for the experiment

4. 실험 및 분석

본 논문에서는 ARENA 12.0을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 2장에서 제시한 3가지 배치 방법에 각각 할당 방법 3가지를 적용하여 9가지의 실험을 각각 100회씩 반복 수행하

였다.

Table 2 A Simulation result of horizontal layout by block by block (단위 : 분)

	1:1	2:2	4:4
평균 대기 시간	3.87	1.95	1.94
평균 체류 시간	7.12	5.24	5.31
작업 완료 시간	270.43	258.72	256.41

블록별 수평 배치의 결과를 살펴보면 수입, 수출 블록을 1:1로 할당하는 경우는 작업완료시간이 다소 길어졌으며, 2:2로 할당하는 경우와 4:4로 할당하는 경우는 거의 유사한 결과를 보인다.

Table 3 A Simulation result of vertical layout within a block (단위 : 분)

	1:1	2:2	4:4
평균 대기 시간	10.58	2.48	2.03
평균 체류 시간	13.83	5.77	5.39
작업 완료 시간	301.90	267.38	256.63

블록 내 수직 배치의 경우 1:1로 할당하면 작업완료 시간이 많이 늘어나는 것을 볼 수 있다. TC가 블록 당 1개인 경우의 실험이기 때문에 한 블록에서 양·적하 컨테이너가 혼재되어 있는 수직 배치의 경우는 효율성이 다른 배치에 비해 더 많이 떨어지게 된다.

Table 4 A Simulation result of horizontal layout within a block (단위 : 분)

	1:1	2:2	4:4
평균 대기 시간	3.95	2.12	1.98
평균 체류 시간	6.12	4.81	5.15
작업 완료 시간	268.43	242.32	243.57

블록 내 수평 배치의 경우 작업완료시간 측면에서 세 가지 대안 중에서 가장 좋은 결과를 나타내었다. 하나의 블록에서 수평으로 배치할 경우에 한 bay에서 양·적하 작업을 다 처리할 수 있기 때문에 YT가 한 번의 정차로 듀얼 사이클을 지원할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 이렇게 작업하기 위해서는 블록 내에서 사전 마샬링 작업이 필수적이다.

Fig. 9를 살펴보면 모든 실험에서 양·적하 작업을 2:2와 4:4로 적용한 경우 효율성의 차이가 많지 않다는 것을 알 수 있다. 이는 선박을 1대만 고려하였기 때문에 4:4이상으로 양·적하 컨테이너를 나누어 할당하는 것은 의미가 없다는 것을 알 수 있다. 두 대 이상의 선박이 작업하는 경우에는 이러한 할당 범위가 더욱 늘어날 것이다.

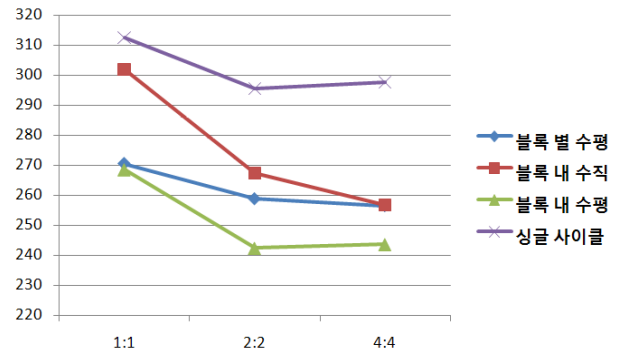


Fig. 9 Makespan time(in minutes) comparison of single with dual cycle

싱글 사이클과 비교하였을 때 듀얼 사이클이 작업완료시간 측면에서 대략적으로 12~13%의 이익이 있었다. 제시한 배치 중에서 블록 내 수평배치가 근소한 차이로 작업완료시간이 가장 짧았다.

YT의 평균 가동 대수는 Fig. 10과 같다.

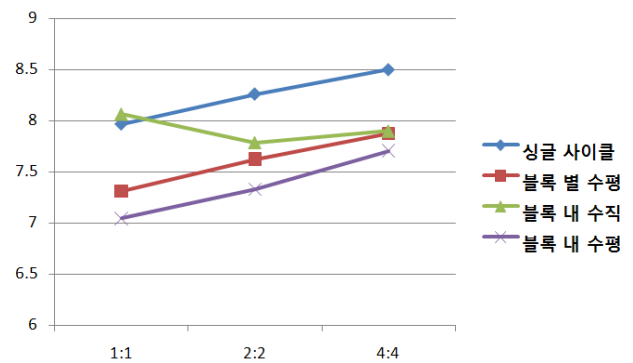


Fig. 10 Number busy comparison of single with dual cycle

싱글 사이클의 경우 평균 8대 이상의 YT가 작업에 사용되었다. 듀얼 사이클의 경우는 평균 7대 정도 사용되는 것을 알 수 있다. 듀얼 사이클이 싱글 사이클보다 YT 가동대수가 적기 때문에 적은 YT를 투입해도 동일한 생산성을 보일 수 있다는 것을 알 수 있다.

본 실험에서는 선박을 1대만 접안한 상태였지만 2대 이상의 선박이 동시에 작업할 경우 듀얼 사이클의 효과는 더 높을 것으로 기대할 수 있다.

5. 결 론

야드에서의 수출입 컨테이너 배치와 할당을 고려하여 시뮬레이션 한 결과 기존의 수출입 블록을 나누고 각 블록에 장치된 컨테이너 개수에 따라 양·적하 물량을 고르게 분배하는 방법으로 듀얼 사이클 운영을 원활하게 지원할 수 있었다.

실험결과 블록 내 수평으로 배치하는 전략이 가장 효율성이 높다는 것을 알 수 있었다. 그리고 작업량에 따라 양·적하물량을 나누는 것이 중요하다는 것을 알 수 있었다. 듀얼 사이클은 YT의 대수를 줄이면서도 작업속도를 더 빠르게 할 수 있는 새로운 운영방법이라는 것을 알 수 있었다.

연구의 한계점으로는 외부트럭의 작업을 고려하지 못한 점과 여러 선박에 대해서 적용하지 못한 점을 들 수 있다. 좀 더 현실적인 연구를 위해서 외부트럭의 작업을 고려해야 하지만, 실제 터미널에서 외부트럭보다는 내부트럭의 작업을 위주로 하기 때문에 실험의 결과는 현실과 크게 다르지는 않을 것으로 보인다.

참고 문헌

- [1] 박태진, 최이, 류광렬(2007), “자동화 컨테이너 터미널의 복수 장치장 크레인을 위한 실시간 작업 계획 수립”, 한국항해항만학회지, 제31권, 제10호, pp.869-877.
- [2] 배중욱, 박영만, 김갑환(2006), “자동화 컨테이너 터미널에서 수직형 블록의 이적작업을 위한 할당 및 작업순서”, 한국항해항만학회지, 제30권, 제6호, pp.457-464.
- [3] 배중욱, 최상희, 김창현, 박순오(2008), “컨테이너 터미널의 ALV 시스템을 위한 시뮬레이션 모형”, 한국시물레이션학회 논문지, 제17권, 제4호, pp.29-39.
- [4] 송장호(2007), “컨테이너터미널에서의 Double cycle 하역 기법의 최적 운영방안”, 한국해양대학교 석사학위논문.
- [5] 신정훈, 유성진, 장명희(2008), “컨테이너터미널 트랜스퍼 크레인의 배정 및 이동경로 최적화 모델”, 한국항해항만학회지, 제32권, 제6호, pp.465-471.
- [6] 장성용, 이원영(2002), “시물레이션 기법을 이용한 컨테이너터미널 운영규칙의 평가”, 한국항만경제학회지, 제18집, 제1호, pp.27-41.
- [7] 전수민, 김갑환, 김재중, 류광렬, 박남규, 최형립(2006), “컨테이너 터미널에서의 장치장 운용 계획에 관한 연구”, 한국지능정보시스템학회지, 제12권, 제1호, pp.125-137.
- [8] 정창윤, 신재영(2009), “컨테이너 터미널의 효율적인 선적 작업을 위한 듀얼 사이클 계획”, 한국항해항만학회지, 제33권, 제8호, pp. 555-562
- [9] 하태영, 최용석, 김우선(2004), “시물레이션을 이용한 자동화 컨테이너 터미널의 AGV 운영평가”, 한국항해항만학회지, 제28권, 제10호, pp.891-897.
- [10] Goodchild, A.V, Daganzo, C.F(2006), “Double-Cycling Strategies for Container Ships and Their Effect on Ship Loading and Unloading Operations”, Transportation. Science. vol.40, No.4, pp.473-483.
- [11] GoodChild, A.V, Daganzo, C.F(2007), “Crane double cycling in container ports: Planning methods and evaluation”, Transportation. research part B, vol.41, pp.875-891.
- [12] Kelton W.D, Sadowski R.P, Sturrock D.T(2008), “Simulation with Arena, 4th Edition”, McGraw-Hill.
- [13] Kim K.H, Park Y.M, Jin M.J(2008), “An optimal layout of container yards”, OR Spectrum, vol.30, No.4, pp.675-695.
- [14] Petering M, Murty K.G(2009), “Effect of block length and yard crane deployment systems on overall performance at a seaport container transshipment terminal”, Computers and Operations Research, vol.36, pp.1711-1725.
- [15] Rossetti M.D(2009), “Simulation Modeling and Arena”, John Wiley & Sons.
- [16] Zeng Q, Yang Z(2009), “Intergrating simulation and optimization to schedule loading operations in container terminals”, Computers and Operations Research, vol.36, pp.1935-1944.
- [17] Zhang H, Kim K.H(2009), “An optimal layout of container yards”, Computers and Industrial Engineering, vol.56, pp.979-992.

원고접수일 : 2011년 1월 4일
 심사완료일 : 2011년 1월 25일
 원고채택일 : 2011년 2월 7일