

컨테이너터미널에서 다기능 이송차량의 2단계 배차 방안

최용석† · 김우선*

† 한순천대학교 경영통상학부 물류학전공, *한국해양수산개발원 해양물류연구부

A Study on Two-step Dispatching for Multi-function Transport Vehicle at Container Terminal

Yong-Seok Choi† · Woo-Sun Kim*

† Major of Logistics, Sunchon National University, Sunchon 540-742, Korea

* Port Development Team, Korea Maritime Institute, Seoul 121-270, Korea

요 약 : 본 연구의 목적은 컨테이너터미널에서 사용되는 다기능 이송차량을 위한 2단계 배차전략을 제시하는 것이다. 2단계 배차는 실시간 위치 제어를 사용하여 이송차량과 크레인간의 대기시간을 절감시키기 위한 방법이다. 배차 1단계는 실시간 위치정보를 바탕으로 목적지 위치를 할당하는 것이며, 기존의 실시간 배차에서 이용되는 방식에 모니터링을 보완한 것이다. 배차 2단계는 이송차량의 신기, 놓기, 집기 등의 기능을 작업장소의 작업상황에 따라 선택하여 작업지시를 내리는 것이다. 다기능 이송차량의 2단계 배차전략은 하역시스템의 대기시간을 감소시켜 생산성 향상에 기여할 것이다.

핵심용어 : 배차, 이송차량, 컨테이너터미널, 대기시간, 하역시스템

Abstract : The objective of this study is to present the two-step dispatching strategy for the purpose of the transport vehicle with multi-function used in container terminal. The two-step dispatching is a method to save the waiting time between transport vehicle and cranes using real time location control. The first step dispatching is to allocate the destination location based on the real time location information. The second step dispatching is to indicate the specific job such as loading, unloading, and pick-up based on the condition of working area. This two-step dispatching strategy decreases the waiting times of the stevedoring system and will contribute at a productivity improvement in container terminal.

Key words : dispatching, transport vehicle, container terminal, waiting time, stevedoring system

1. 서 론

최근의 해운산업은 선사간의 선복량 확보 경쟁으로 대형 컨테이너선이 지속적으로 발주되고 있어 향후 대형선사에 대한 서비스 수준을 높이기 위한 경쟁도 가속화될 전망이다. 컨테이너선에 의한 컨테이너의 대량운송은 항만에서 컨테이너 하역작업에 많은 영향을 주어 컨테이너터미널이 컨테이너 화물을 위한 신속하고 효율적인 해상운송과 육송운송의 연결점으로서 하역, 보관, 집적, 혼재의 기능을 수행하는 것은 필수기능이며, 향후에는 고생산성이 항만의 서비스 경쟁력을 좌우하는 척도로 사용될 가능성이 높아지고 있다. 컨테이너 하역은 하역시스템을 구성하는 안벽크레인, 이송차량, 야드크레인 등의 기능적 분담으로 달성되지만 장비들의 자체적인 고성능화와 함께 대기시간 감소를 위한 결합생산성의 지속적인 향상이 요구되고 있다. 이는 초기투자비를 야기하는 장비의 보유수준을 높이는 것보다 가격경쟁력이 있는 고생산성의 장비를 보유하는 것과의 비용절충에 따라 의사결정이 이루어지고 있다.

고생산성의 하역장비를 개발하는 것은 기술 마케팅 측면과 생산성 향상 측면을 모두 달성할 수 있으며, 핵심기술을 바탕으로 한 최신의 장비를 개발하여 시장 확대를 통해 경제적인 효과를 거둘 수 있다. 그러나 하역장비 중에서 이송차량의 기계적인 성능향상은 복잡한 운영상의 문제를 야기할 수 있으므로 효과적인 현장 적용을 위해서는 기능적으로 실시간 모니터링을 도입하고 생산성 저해요인을 제거하기 위한 부하관리 기능의 도입을 통해 문제해결 능력을 높여야 한다.

현재 국내에서 개발 중인 컨테이너 이송차량인 자가하역차량(Automated Lifting Vehicle: ALV)의 현장 적용을 위해 정교한 운영시스템의 개발이 진행 중이며, 핵심기술인 분산형 배차 알고리즘의 개발과 적용효과 측면에서 실시간 배차를 위한 모니터링과의 연동 논리의 개발에 대한 연구가 수행될 필요가 있다.

그리고 본 연구에서는 ALV를 일반화하여 다기능 이송차량(Multi-function Transport Vehicle: MTV)으로 정의하고 이를 효과적으로 운영하기 위한 배차방안을 2단계 배차방안으로 정의하였다.

† 교신저자 : 최용석(중신회원), drasto@sunchon.ac.kr 061)750-5115

* 중신회원, firstkim@kmi.re.kr 02)2105-2889

본 연구의 목적은 기존의 이송차량인 YT(Yard Tractor) 또는 AGV(Automated Guided Vehicle)의 기능적인 생산성 한계를 극복하고 초대형 컨테이너선의 하역작업에 따른 이송시간 단축을 위한 고생산성의 MTV를 적용하기 위한 2단계 배차 방안(2-step Dispatching Method)을 개발하고 2단계 배차를 실시간 배차로 적용하기 위한 배차방안을 제시하고 동기화를 위한 모니터링 방안과 연동하는 효과적인 배차전략을 수립하는 것이다.

2. 컨테이너 이송차량 배차문제

컨테이너터미널에서 C/C(Container Crane)는 병목자원으로 작용하므로 C/C를 최대한 활용하는 것이 선박의 재항시간을 줄이는 효과적인 방법으로 간주되고 있다. 또한 선박 재항시간에 직접적으로 영향을 미치는 C/C의 대기시간은 이송차량에 의해서 발생되고 있다. 그러므로 이송차량의 효과적인 배차를 통해서 C/C 대기시간을 효과적으로 감소시킬 수 있다면 선박의 재항시간을 줄여 선박에 대한 서비스 수준을 향상시킬 것이다. 그러므로 이송차량의 배차는 컨테이너터미널 운영에서 중요한 역할을 하고 있다.

2.1 컨테이너 이송 배차문제

컨테이너터미널에서 컨테이너의 이송은 컨테이너선이 안벽에 접안하기 전에 이미 작업할 C/C가 배정되고 각 C/C별로 작업 시퀀스가 만들어지므로 어떤 컨테이너를 어떤 순서로 이송할 것인지가 사전에 결정이 된다. 그러므로 컨테이너를 C/C에서 인계받아 야드로 이송하는 이송차량은 다음에 이송해야 할 작업을 미리 알 수가 있다. 그리고 C/C는 에이프런에 버퍼공간을 가지고 있지 않으므로 이송차량에 대한 상하차 작업이 완료되어 이송차량이 떠나기 전까지는 C/C가 유휴상태로 되므로 작업시간의 지연이 발생하게 된다.

그리고 컨테이너터미널에서 컨테이너 이송은 컨테이너의 상차(pickup) 위치와 하차(delivery) 위치가 분리되어 있다는 점이다. 또한 양하작업과 적하작업시 상차 위치와 하차 위치가 뒤바뀌는 것도 특징이다.

컨테이너터미널의 기본적인 배차문제를 다룬 연구(Bish, 1999)에서는 하나의 컨테이너선에 하나의 C/C가 운영되는 경우 차량의 배차문제를 분석적으로 설명하고 greedy 알고리즘을 제안하였다. Bish et al.(2001)은 이송차량의 배차와 컨테이너 위치 결정 문제가 NP-hard 문제임을 증명하고 이 문제를 해결하기 위하여 컨테이너 위치를 할당한 후 각 컨테이너에 이송차량을 배차하는 2단계 휴리스틱 방법을 제시하였다. 또한 Grunow et al.(2004)는 컨테이너를 다중적재하는 배차를 통해 대기시간을 줄일 수 있음을 시뮬레이션을 통해 분석하였다.

국내에서는 최근에 이송차량의 효율적인 배차를 위한 연구가 많이 시도되고 있으며, 하태영 등(2005)의 연구에서는 이송차량의 조별할당방식보다 풀링(Pooling)방식이 하역생산성 향상에 효과적이라는 시뮬레이션 연구 결과를 제시하였고, 신재영 등(2008a)은 야드 트랙터 풀링(Pooling) 시스템을 적용하기 위한

운영전략을 제시하였고, 신정훈 등(2008)은 RTLS 기반의 동적 운영모델에 대한 연구 그리고 신재영 등(2008b)은 야드 트랙터의 더블사이클(Double Cycle) 계획에 대한 활용방안을 제시하였다. 이러한 연구들은 컨테이너 이송에 대한 배차방안들의 효율성과 생산성을 높이려는 목적을 가지고 있으나 야드 트랙터에 국한된 연구라는 공통점이 있다.

2.2 배차문제 유형

컨테이너터미널에서는 컨테이너 운반에 대한 요구가 동적으로 발생하므로 컨테이너 이송차량에 대한 배차는 동적인 배차문제이다. 컨테이너 이송에서 배차의 목적은 C/C가 이송차량을 기다리는 대기시간을 최소화하여 컨테이너선의 재항시간을 최소화하는 것이다.

배차시스템 측면에서 현장에서 일반적으로 많이 적용되는 C/C 전용배차(C/C Dedicated Dispatching)는 C/C가 컨테이너를 이송차량에 배정하는 방법이며, 작업이 종료될 때까지 배정된 C/C에만 할당하는 방법인 반면, 풀링 배차(Pooling Dispatching)는 이송작업 시 부하가 많이 걸리는 작업에 여유가 있는 이송차량을 분배하거나 장애 발생시 다른 작업에 이송차량을 할당하여 자원의 활용도를 높이고자 하는 방법으로 C/C 전용배차보다 생산성이 높은 것으로 알려져 있다.

배차문제로 구분하면, 크게 차량주도형배차(Vehicle Initiated Greedy Dispatching), 작업주도형배차(Container Initiated Look-Ahead Dispatching), 작업주도형 유휴차량배차(Container Initiated Idle-vehicle Dispatching)의 세가지 유형으로 구분할 수 있다(구 등, 2005). 차량주도형 배차는 차량이 이송작업을 완료하였을 때 C/C에서 아직 할당되지 않은 컨테이너 중에서 가장 먼저 준비되는 컨테이너가 있는 곳으로 이동해서 해당 컨테이너를 운반하는 배차정책이며, 이송차량의 위치와 각 C/C에서의 다음 준비시간에 대한 정보만 알면 의사결정이 가능한 방법으로 현장에서 비교적 간편하게 적용할 수 있는 방법이다. 작업주도형 배차는 컨테이너가 C/C에 의해서 준비되는 시점에서 모든 이송차량 중에서 가장 빠르게 도착하는 차량을 선택하는 방법이며, 다음 배차에서 고려되는 이송차량은 현재 작업을 수행중인 차량도 함께 고려하고 이들 차량의 작업 종료시간은 현재 상황을 고려하여 미리 예측(look-ahead)함으로써 얻어내는 방법이다. 작업주도형 유휴차량배차는 컨테이너가 C/C에 의해서 준비되는 시점에서 유휴상태인 차량 중에서 가장 빠르게 도착하는 차량을 선택하는 방법이다.

그러나 정보통신 기술을 이용한 실시간 차량정보 및 물류정보 획득이 가능하므로 컨테이너를 실은 이송차량이 작업위치에 도착예정인 시점을 기준으로 의사결정을 내리는 것이 가장 효과적인 방법일 것이다.

3. 다기능 이송차량

3.1 이송차량의 기능적 분류

초기의 컨테이너 이송차량은 유인의 운전자에 의해 컨테이너

운반을 위한 차량으로 간주되었으나 기술적 발전을 통해 기계적 성능이 향상되었으며, 하역시스템의 성능 저하요인인 대기 현상을 극복하기 위한 연구로 자가하역기능(self loading & unloading)을 가진 차량들이 제안되고 있다.

이송차량의 기능, 위치제어, 자동화 등의 기술적 진보 측면을 고려하여 기능적으로 발전세대를 분류하면 다음 Table 1과 같다.

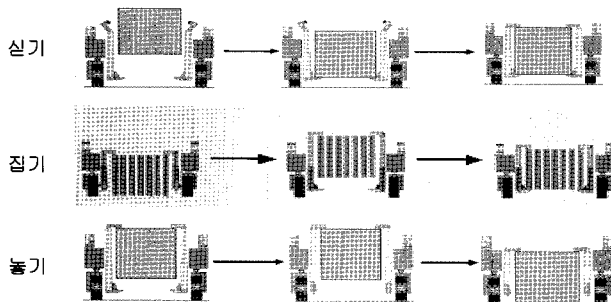
Table 1 Classification by generation of transport vehicle

구분 항목	1세대	2세대	3세대	4세대	5세대
명칭	YT DST	SC(유인)	AGV	SHC SC(무인)	MTV
기능	싣기	집기 놓기	싣기	집기 놓기	싣기 집기 놓기
위치제어	-	-	트랜스폰더 자이로	레이더, GPS, 자이로	RTK-GPS INS
자동화	유인	유인	무인	무인	유·무인

자료 : 김 등(2006b), “고생산성 컨테이너 이송차량 모델 연구”, 한국항해항만학회지 30권 8호, p.694 참조

이송차량의 1세대는 컨테이너를 취급하는 주체인 C/C 입장에서 YT(Yard Tractor) 및 DST(Double Stack Trailer)와 다적재 차량에 해당하는 MTS(Multi Trailer System)에게 직접적으로 컨테이너를 전달하는 방식인 싣기(unloading)가 사용되어 왔고, 2세대에서는 야드에서 하역기능을 일부 담당하는 SC(Straddle Carrier)에 의해 능동적으로 수행되는 집기(self-pickup)과 놓기(self-unloading)가 사용되었다. 3세대의 AGV(Automated Guided Vehicle)는 무인화된 이송차량이 컨테이너터미널에 적용되기는 하였지만 자가하역기능이 있으므로 수동형의 이송차량으로 분류되며, 능동형으로 개선된 것이 4세대의 무인화된 SHC(Shuttle Carrier)와 SC이다.

현재는 Fig. 1과 같이 집기와 놓기 기능에서 싣기 기능을 추가한 5세대에 속하는 능동형 이송차량에 대한 연구가 국내외에서 진행중이며(Vis et al., 2005; Yang et al., 2005), 실용화를 위한 연구도 활발히 수행되고 있다.



자료 : 김 등(2006a), “다기능 컨테이너 이송차량 운영논리 개발”, 해양정책연구 21권 2호, p.49 참조

Fig. 1 Main functions of multi-function transport vehicle

3.2 이송차량 운영시스템

이송차량의 배차를 위한 운영시스템은 Fig. 2와 같이 계획수립 모듈, 배차계획 모듈, 정보관리 모듈이 상호작용하는 구조를 가진다. 이송차량의 배차는 본선에 대한 계획수립에서 시작되며, 본선작업계획이 수립되고 난 후 작업물량에 대한 배차계획은 작업부하계획을 참조하여 수립하게 된다.

배차계획은 장비상태를 지속적으로 파악하여 의사결정을 내리는 것이므로 정보관리 모듈에서 장비점검 정보와 장비기준 정보를 파악하여야 하며, 장비고장 조치에 관한 실시간 상황을 정보화하여 관리한다.

이러한 기능을 담기 위해 다기능 이송차량의 운영시스템은 Fig. 3과 같이 작업관리자와 자원관리자간의 중계자의 위치에 놓이며, 작업관리자의 작업할당과 자원관리자의 장비할당을 분산형구조로 처리하여야 한다.

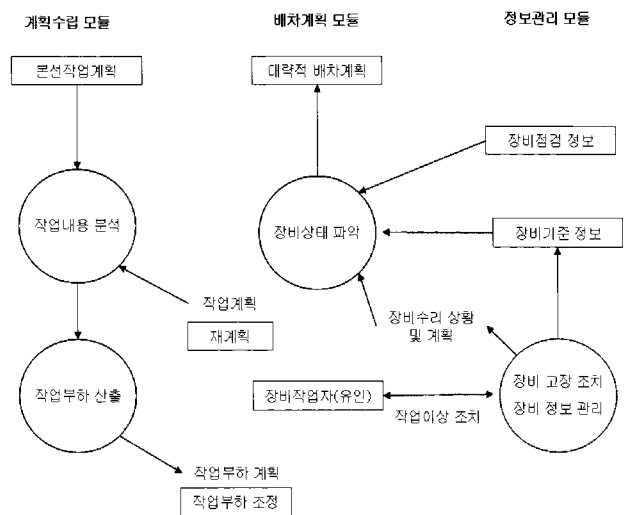


Fig. 2 Operation system of transport vehicle

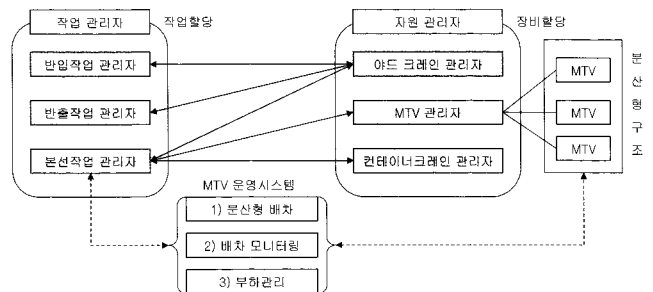


Fig. 3 Conceptual framework in operation system of MTV

다기능 이송차량의 운영시스템은 내부적으로 분산형 배차, 배차 모니터링, 부하관리 등의 하부 모듈들이 서로 상호작용을 하여야 효과적인 실시간 배차가 가능하다. 따라서 다기능 이송차량의 운영시스템은 실시간 배차를 위해 분산형 시스템 구조를 가지면서, 운영시스템에서는 분산형 배차알고리즘을 시행하고, 실시간 통제를 위한 배차 모니터링과 부하관리가 가능하여야 한다.

4. 2단계 배차 방안

4.1 2단계 배차 정의

2단계 배차는 다기능 이송차량이 가지는 자가하역기능을 효과적으로 적용하기 위한 것으로 작업위치 지시를 위한 배차알고리즘을 보유한 슈퍼바이저(supervisor)와 MTV의 자가하역 옵션을 적용하기 위한 분산형 배차알고리즘을 시점별로 2단계로 분리하여 의사결정하는 것이다. 전자의 슈퍼바이저에 의한 배차는 대략적 배차계획으로 초기 배차계획과 자동배차계획을 포함하는 것이며, 분산형 배차알고리즘은 MTV가 작업위치에 도착해서 수행할 능동적 작업을 도착 전에 의사결정을 내리기 위한 것으로 옵션 선택에 의한 실시간 재배차에 해당하는 것이다.

옵션 선택에 의한 실시간 재배차는 작업위치 진입 전에 크레인의 작업상태를 파악하여 MTV의 기능인 싣기, 놓기, 집기 중의 하나를 스스로 의사결정하기 위함이며, 주행거리 및 주행시간에 따라 작업위치 도착예정시간의 변경시 MTV간 역할변경(재배차) 후 슈퍼바이저에 통보하는 것도 포함한다. 1단계 배차는 기존의 이송차량에 대한 컨테이너 작업위치 할당과 동일한 배차논리를 적용할 수 있으며, 2단계 배차를 위해서는 MTV의 실시간 위치정보와 하역장비 작업상태 정보를 인터페이스 정보로 활용하여 작업위치 도착 후 MTV의 대기시간을 최소화하도록 옵션을 선택하는 의사결정을 하며, Fig. 4와 같이 C/C, MTV, TC 장비별로 상태를 구분하여 인터페이스 정보로 활용할 수 있다.

4.2 2단계 배차의 전략

2단계 배차를 적용하여 하역생산성을 향상시키기 위해서는 기존에 물류시스템에서 적용되는 세가지 기본 전략을 적용하여야 한다. 먼저, 작업완료시간의 평준화 전략으로 이송차량의 사이클타임을 실시간 추적하면서 갱신된 정보를 활용하여 부하평준화를 달성하여야 한다. 둘째, 주행거리 최소화 전략으로 실시간 배차에서 적용되는 역할교환(role change)을 적용하는 것이다. 셋째, 공차운행 최소화 전략으로 동적운영에 기반한 풀링(pooling)을 활용하여 공차운행을 최소화하는 것이다.

이러한 2단계 배차는 크게 3가지의 목적을 달성하도록 설계되어야 한다. 첫째, MTV, C/C, TC 상호간의 대기시간의 합을 최소화하여 결합생산성을 최대화한다. 둘째, MTV의 공차운행을 최소화하여야 차량대수를 최소화한다. 셋째, MTV의 운행거리를 최소화하여 작업시간을 단축시킨다.

4.3 2단계 배차의 옵션 선택 전략

2단계 배차를 적용하는 작업위치는 안벽쪽의 C/C 작업과 야드쪽의 TC 작업이며, 양측의 작업위치 도착 전에 이미 의사결정에 의해 작업옵션이 결정되어야 한다.

Fig. 4와 같이 C/C와 TC의 경우 스프레더의 주기를 분해한 동선을 기준으로 이송차량과의 인터페이스(①)와 적재측의 인터페이스(⑤)로 구분하여 나머지는 주기를 구성하는 요소이다. 또한 MTV는 이동중(①)과 작업지점 진입중(⑤)을 구분하며, 작업기능인 놓기, 싣기, 집기는 수직운동으로 분류하여 ②, ③, ④로 정의하였다.

2단계 배차를 적용하기 위한 작업구분은 안벽에서 C/C의 작

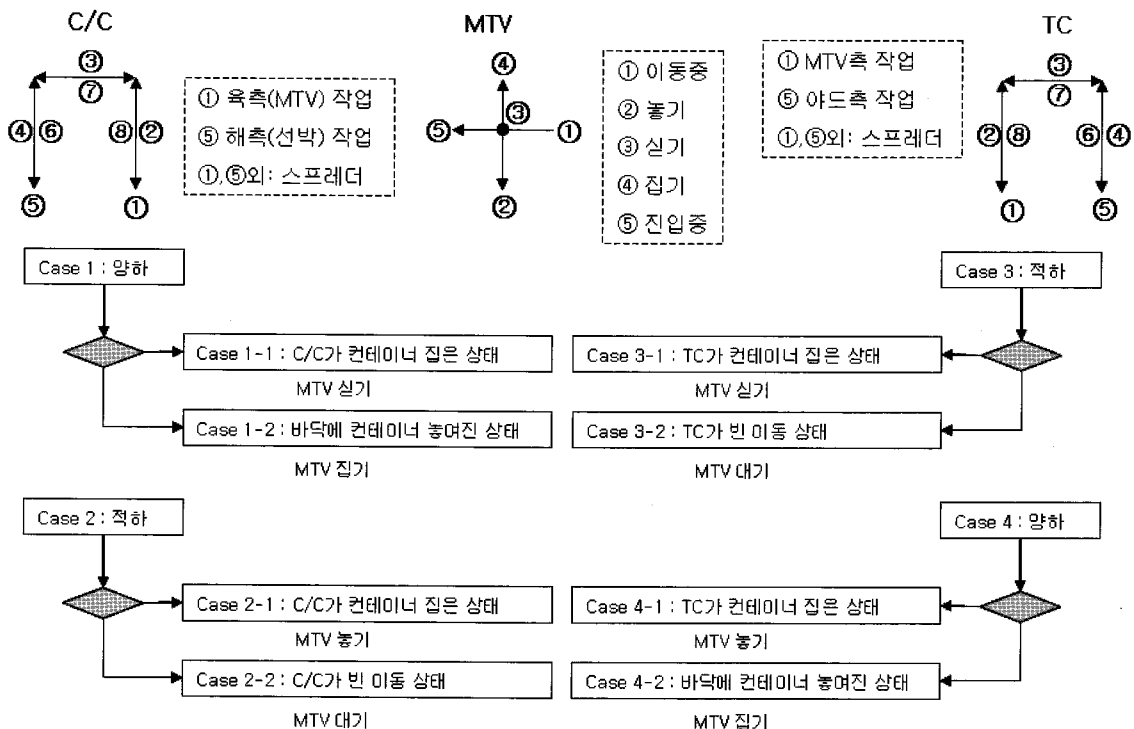


Fig. 4 Option selection in 2-step dispatching

업 상태에 따라 양하(Case 1) 2가지와 적하(Case 2) 2가지로 구분하였으며, 야드에서는 TC의 작업 상태에 따라 적하(Case 3) 2가지와 양하(Case 4) 2가지로 각각 구분하였다.

구분된 Case별로 조건에 따라 MTV의 기능을 선택하는 것이 옵션 선택 전략이다.

Fig. 4에서 정의한 MTV, C/C, TC의 스프레더 주기를 기준으로 사전에 모니터링에 의해 장비상태 정보는 시점별로 구분된다.

T_{a1} : MTV의 직선구간 진입시점

T_{a2} : MTV의 작업위치 도착예정시점

T_{a3} : MTV의 작업위치 도착시점

T_{d1} : MTV가 안벽에서 야드로 이동 중인 상태의 시간

T_{d2} : MTV가 야드에서 안벽으로 이동 중인 상태의 시간

여기서 MTV의 작업상태를 세분하면, $T_w = \{T_b, T_u, T_p\}$ 이며, 각각 소요시간이 다르다.

T_b : MTV의 싣기 소요시간

T_u : MTV의 놓기 소요시간

T_p : MTV의 집기 소요시간

MTV의 작업상태는 세가지 중의 하나이며, 기능별 소요시간이 다르게 적용된다.

C/C와 TC의 작업상태는 $s = \{①, ②, \dots, ⑧\}$ 이며, 잔여 작업시간은 $T_s = |s - ①|$ 이다.

따라서 대기는 $\{T_s \leq T_b, T_s \leq T_u, T_s \leq T_p, T_s > T_p\}$ 인 경우에 발생하며, 놓기는 $\{T_s > T_u\}$, 집기는 $\{T_s > T_p\}$ 에서 발생한다.

그리고, $T_{a2} - T_{a1}$ 는 안벽과 야드가 각각 차이가 있으며, 수직배치와 수평배치에서도 시간 간격의 차이가 발생하므로 레이아웃에 따라 변수값이 다르게 설정된다.

4.4 배차정보 설계

이송차량 배차는 본선작업목록에서 C/C별로 작성된 작업(Job)을 순차적으로 할당하므로 전체 작업목록(Job Queue)을 작성하여 시간순으로 작업 사건(event)을 순차적으로 처리해 나가도록 한다. 작업목록에는 C/C No, Code(양하작업(DIS: Discharging)과 적하작업(LOD: Loading) 구분), Size(20'와 40'), Twin(Y: Twin 작업, N: Single 작업), Destination(장치장 작업위치), Location(현재 차량의 위치), MTV No(배차 할당할 차량 번호) 등이 작성되며, 필요한 배차정보 항목은 Table 2와 같다.

Table 2 Dispatching information in stowage planning

	No	CC No	Code	Size	Twin	Destination	Location	MTV No
Active	1	CC01	DIS	20'	Y	1A-12		
	2	CC02	LOD	40'	N	1B-09		
	3	CC03	DIS	20'	N	1C-19		
Pending	4	CC04	DIS	20'	N	1A-13		
	5	CC01	LOD	20'	N	1B-09		
	6	CC02	DIS	40'	N	1A-15		

Table 2에서 트윈(Twin)은 작업소요시간이 더 소요될 수 있으므로 미리 작업목록에서 그 정보를 참조하여야 한다. 또한 Table 2에서 현재 할당되는 작업의 대상 MTV의 Location은 현재 위치를 의미하고, MTV No는 대상 MTV이면서 참조용 필드값이다.

본선정보로부터 배차에 필요한 정보를 작성한 경우 실시간 배차를 설정할 경우 폴링에서 필요로 하는 정도의 정보량을 포함시켜 정보를 생성하여야 한다. Table 3과 같이 실시간 배차를 위한 이송차량의 배차 정보로는 MTV No, Full(F: 적재, E: 비적재), Status(A: Arrival, M: Move, I: Idle), Destination(목적지 위치), Location(현재 위치), Target(할당작업) 등의 필드값으로 한다.

Table 3 Generation of dispatching information for transport vehicle

No	MFV No.	Full	Status	Destination	Location	Target
1	MFV01	E	A	1A-12	CC01	
2	MFV02	E	A	1B-09	CC02	
3	MFV03	E	I	1C-19	CC03	
4	MFV04	E	M	1A-13	CC04	
5	MFV01	E	M	1B-09	CC01	
6	MFV02	E	A	1A-15	CC01	

이송차량에 대한 배차를 결정할 때 차량용 자원관리자가 가지게 되는 최소한의 정보는 다음과 같다.

양하의 경우 1) 장치장 정보(1A-2, 양하), 2) 안벽 정보(CC02-19D, 양하, 2차선)로 구성되며, 차량용 자원관리자는 장치장 작업위치 정보와 안벽 작업위치 정보만을 가지고 관리를 하게 된다. 적하의 경우 1) 장치장 정보(2A-15, 적하), 2) 안벽 정보(CC01-19H, 적하, 1차선)로 구성하여 장치장 정보와 안벽 정보를 상호연결시켜 배차 결과를 판단할 수 있도록 해준다.

양하와 적하시의 장치장과 안벽의 위치정보와 작업정보, 안벽의 차선정보를 가지게 되며, 차선 변경에 대한 자율권한을 차량용 자원관리자가 조정하게 되므로 기존의 YT 차량배차와는 다르게 된다.

본선작업관리자의 안벽정보를 바탕으로 장치장 정보에서 필요한 정보량을 결정하며, 장치장 정보에서 TC(야드크레인)의 선정은 블록 정보를 바탕으로 해당 작업위치에서 TC들의 작업상태를 파악하여 추후에 결정하도록 한다. 결국 가장 늦은 시점에 의사결정을 하여야 최신의 작업상황을 반영하게 된다.

Table 4 Interface information for dispatching

정보형태	안벽 정보			장치장 정보		
	C/C 작업정보	작업 구분	차선 배정	블록 정보	작업 구분	TC 작업정보
작업 1	CC02-19D	양하	2차선	1A-2	양하	블록에서 결정
작업 2	CC01-19H	적하	1차선	2A-15	적하	블록에서 결정

4.5 모니터링과 연계 방안

MTV가 자가하역기능을 효과적으로 적용하기 위해서는 분산화된 배차계획에 따라 작업할당을 받아 자율적으로 이송작업이 수행되어야 하며, 이를 위한 전제 조건은 다음과 같다.

- 실시간으로 모든 정보를 처리하고 전달할 수 있어야 한다.
- 작업의 통제가 실시간으로 가능하여야 한다.
- 현장의 상황을 파악할 수 있는 모니터링 시스템이 구현되어야 한다.
- 실시간으로 작업별 작업 할당이 실시되어야 한다.
- 실시간 장비할당이 가능하면서 실시간 배차와 연계되어야 한다.

이러한 전제 조건을 만족시키기 위해 모니터링 시스템은 현재의 터미널 상황을 계속 감시하고 실시간 정보를 분석하여 작업을 할당할 시점이 발생하는 것을 감지하면 효과적으로 작업을 할당할 수 있다.

실시간 장비상태 파악에 의한 배차는 MTV의 정확한 상태 파악에 의해 가능하며, 이를 통해 실시간 배차를 위한 의사결정이 내려지며, 장비상태를 단순화하여 도착(arrival), 이동(move), 유휴(idle)로 구분하는 것이 가장 단순하면서 효과적인 방법이다. 도착 상태는 이전에 할당된 작업을 완료하는 시점에 임박하여 배차 대상이 되지 않고 옵션 선택에 의해 자가하역에 대한 의사결정을 수행하게 된다. 이동 상태는 실시간 배차를 위한 의사결정이 필요한 상태이며, 이동 상태 중 각 위치를 일정한 간격으로 파악하여야 한다. 유휴 상태는 작업이 할당되지 않은 상태이므로 새로운 배차를 시행할 수 있는 후보로 간주하여 풀의 범위에 들어가게 된다.

이송차량 배차 시에 모니터링을 위한 기준 정보는 정확한 목적지를 지정하는 것이므로 안벽에서 야드로 이송하는 경우는 {블록번호-베이번호-양적하구분}이며, 야드에서 안벽으로 이송하는 경우는 {C/C번호-ship베이번호-작업차선-양적하구분}이 된다. 목적지로 이동 중에 모니터링을 위해서는 기준 정보에 현재 주행위치를 추가하여 {블록번호-베이번호-양적하구분-현재위치}와 {C/C번호-ship베이번호-작업차선-양적하구분-현재위치}로 구성된다. 현재위치는 MTV가 직선주행에서 코너링을 하는 시점마다 갱신하도록 하여야 한다. MTV가 한번의 컨테이너 이송작업시 4회 또는 6회의 코너링이 발생하므로 4회 또는 6회의 모니터링을 위한 기준 정보가 갱신되어야 한다.

5. 결 론

본 연구에서는 컨테이너터미널에서 컨테이너 이송에 사용되는 이송차량 중 자가하역기능을 가진 다기능 이송차량(MTV)을 대상으로 효과적인 배차를 위한 방안으로 2단계 배차 방안을 제시하였다. 컨테이너 이송의 배차문제 성격을 분석하여 배차문제 유형을 차량주도형배차, 작업주도형배차, 작업주도형 유휴차량배차 등의 세가지 유형으로 분류하였으며, 정보통신 기술을 이용한 실시간 차량정보 및 물류정보 획득이 가능하므로

컨테이너를 실은 이송차량이 작업위치에 도착예정인 시점을 기준으로 의사결정을 내리는 것이 필요하다. 컨테이너 이송에 대한 기능적 분류를 통해 능동형 이송차량인 MTV를 정의하고 분산형 배차, 배차 모니터링, 부하관리가 함께 연동하는 운영시스템을 개념적인 프레임으로 제시하였다. MTV의 효과적인 배차를 위한 2단계 배차 방안은 분산형 배차를 위한 실시간 재배차를 포함하도록 하였으며, 1단계 배차는 기존의 이송차량에 대한 컨테이너의 작업위치 할당과 동일한 배차논리를 적용할 수 있으며, 2단계 배차는 실시간 위치정보와 하역장비의 상태정보를 인터페이스 정보로 활용하여 작업위치 도착 후 대기시간을 최소화하도록 옵션을 선택하는 전략을 제시하였다. 2단계 배차의 옵션은 작업위치 도착 후의 대기시간을 최소화하는 것으로 작업의 유형별로 대기시간을 줄이기 위한 작업옵션을 선택하는 것으로 신기, 놓기, 집기 등의 기능을 효율적으로 활용하기 위한 것이다.

2단계 배차는 본선작업목록에서 배차정보를 결정하고 이를 이용하여 이송차량 배차정보를 생성한 후 이송차량별 배차정보를 작업목록으로 생성하여 본선작업목록과 배차정보를 동기화 시키도록 하는 것이다. 또한 실시간 정보활용을 위한 인터페이스 정보를 이용할 경우 배차용 모니터링은 하역장비별 상태파악 논리와 연동하여 신기, 2단계 배차방안이 실시간 배차에 효과적인 방안이 될 것이다.

향후에는 컨테이너터미널의 모니터링 정보를 이용하여 배차 결과를 사전에 예측하여 개선하기 위한 정교한 논리의 개발이 필요하다. 또한 이송차량용 부하관리 논리를 개발하여 이송차량별 부하를 평준화시킬 수 있는 하역장비별 작업상태 파악논리를 시스템화하는 것이 필요할 것이다.

참고 문헌

- [1] 구평희, 이운식, 고시근(2005), “컨테이너 터미널 동적 운송 환경에서의 실시간 차량 운행 계획”, 한국경영과학회지, 30권 3호, pp.67~80.
- [2] 김우선, 최용석(2006a), “다기능 컨테이너 이송차량 운영논리 개발”, 해양정책연구, 21권 2호, pp.39-64.
- [3] 김우선, 최용석(2006b), “고생산성 컨테이너 이송차량 모델 연구”, 한국항해항만학회지, 30권 8호, pp.691-697.
- [4] 신정훈, 장명희, 유성진(2008), “컨테이너터미널 운영효율성을 위한 RTLS 기반 YT Dynamic Operation 모델”, 한국항해항만학회지, 32권 5호, pp.369-378.
- [5] 신재영, 권순철(2008), “컨테이너터미널에서 야드 트랙터 Pooling 시스템을 적용한 효율적인 운영 전략”, 한국항해항만학회 2008년도 공동학술대회, pp.117-118.
- [6] 신재영, 정창윤(2008), “컨테이너 터미널의 효율적인 선적 작업을 위한 Double Cycle 계획”, 한국항해항만학회 2008년도 공동학술대회, pp.153-154.
- [7] 하태영, 신재영, 최용석(2005), “이송장비 Pooling 운행방식에 따른 터미널 하역생산성 효과”, 한국항해항만학회 2005

- 춘계학술대회, pp.377-382.
- [8] Bish, E.K.(1999), "Theoretical Analysis and Practical Algorithms for Operational Problems in a Mega Container Terminal", Ph.D. Dissertation, Northwestern University, USA.
- [9] Bish, E. K. T., Leong, C., Li, J.W.C., Ng and D. Simchi-Levi(2001), "Analysis of a New Vehicle Scheduling and Location Problem", Naval Research Logistics, Vol. 21, pp.363-385.
- [10] Vis, I.F.A. and Harika, I.(2004), "Comparison of Vehicle Types at an Automated Container Terminal", OR Spectrum, Vol.26, pp.117-143.
- [11] Yang, C. H., Choi, Y.S., and Ha, T. Y.(2004), "Performance Evaluation of Transport Vehicle at Automated Container Terminal using Simulation", OR Spectrum, Vol.26, pp.149-170.

원고접수일 : 2008년 10월 21일
심사완료일 : 2008년 12월 29일
원고채택일 : 2008년 12월 29일